

Construcción I
Tomo III

Materiales pétreos

León Fernández Orozco



Construcción I
Tomo III

Materiales pétreos

León Fernández Orozco †



AZCAPOTZALCO
COSP. BIBLIOTECA

2892798

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo  **Azcapotzalco**

División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Departamento de Materiales

UAM-AZCAPOTZALCO

RECTOR

Dr. Adrián Gerardo de Garay Sánchez

SECRETARIA

Dra. Sylvie Jeanne Turpin Marion

COORDINADORA GENERAL DE DESARROLLO ACADÉMICO

Dra. Norma Rondero López

COORDINADOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Dr. Jorge Armando Morales Aceves

JEFE DE LA SECCIÓN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EDITORIALES

DCG Edgar Barbosa Álvarez Lerín

ISBN: 970-654-447-X

© UAM-Azcapotzalco

León Fernández Orozco

Corrección:

Marisela Juárez Capistrán

Diseño de Portada:

Modesto Serrano Ramírez

Sección de producción
y distribución editoriales
Tel. 5318-9222 / 9223
Fax 5318-9222

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Av. San Pablo 180
Col. Reynosa Tamaulipas
Delegación Azcapotzalco
C.P. 02200
México, D.F.

Construcción I Tomo III

Materiales petreos

2a. edición, 1999

5a. reimpresión, 2007

Impreso en México

T E M A R I O

MATERIALES PÉTREOS

1. Generalidades y Clasificaciones de los materiales
2. Procedencia de los materiales pétreos y su clasificación general
3. Estudios previos
4. Explotación de Bancos
5. Equipos de Proceso
6. Obtención de gravas y arenas
7. Suelos
8. Cal
9. Yeso
10. Asfalto

Examen para autoevaluación

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Generalidades:

Es el recurso básico para la construcción que es el principal objetivo del presente curso.

Sin embargo solo hablaremos de los principales, de su obtención, transporte, cuidados necesarios para almacenarlos y de sus usos y propiedades.

Veremos someramente los Metales, el Fierro y la Madera, éstos en cursos posteriores, al tratar de estructuras con ellas construídos se verán más ampliamente, veremos también algo de asfaltos, cal, yeso y cemento.

Principalmente veremos los materiales pétreos y sus derivados y habíamos remos de las "Mamposterías" que con ellos se fabrican, dedicaremos mayor atención al "Concreto", pero para empezar digamos algunas generalidades de los materiales.

CLASIFICACIÓN. Las clasificaciones de los materiales son muchas y muy variadas, principalmente las que se refieren a usos específicos, para usar como base en nuestro curso utilizaremos dos muy generales.

Por la forma de su obtención:

NATURALES: Aquellos que se usan tal como los encontramos en la naturaleza, aunque casi siempre necesitaran de alguna labor como corte, limpieza, pulido, etc., ejemplos: Piedra, Madera, Suelos, etc.

PROCESADOS. Aquellos que para su uso requieren de una mayor labor (proceso). Como puede ser trituración, clasificación, lavado, molido, etc. excluye los que requieren de procesos químicos, tratamiento a base de temperatura, en que se efectúan reacciones que no son puramente físicas, Ejemplo: Arenas, Gravas, Gravas Cementadas, etc.

ARTIFICIALES. Los que requieren procesos térmicos o químicos o algunos procesos complicados como el uso de aglomerantes, pegamentos, etc. Ejemplos: Concreto, Tela, Fierro, Plásticos, etc.

Como se ve la separación entre ellas es muy vaga así la madera en trozos podríamos considerarla como Natural la madera ya cortada como procesada, los paneles de fibra de madera como artificiales. Pero ¿Cómo considerar la madera desflemada o la estufada? ¿Cómo considerar una piedra toscamente labrada o una finamente labrada y pulida?

Otra clasificación que pudiera sernos útil para un buen entendimiento es:

ESTRUCTURALES. Aquellos que vamos a usar en las estructuras, esto es, en los elementos que van a soportar las cargas y solicitaciones. Concreto, Fierro, Madera, etc.

AGLOMERANTES Aquellos que nos sirven para pegar diferentes elementos de la construcción. Cemento, Cal, Yeso, Pegamentos en general.

ACABADOS. Todo el resto de materiales que no es abarcado por las anteriores. Esta última es muy amplia pues abarca desde puertas, ventanas, vidrio, tubería, materiales eléctricos, hasta pinturas, mosaicos, azulejos, cerámica, fachaleta, madera de recubrimiento.

También como en el caso anterior los límites entre ellos en muchos casos no son precisos.

MATERIALES PÉTREOS

Su procedencia:

El corazón de nuestro mundo está formado por una masa de material fluido, pastoso con densidades que varían de 3 a 8 en el centro, al que llamamos Magma que se encuentra a alta temperatura. Sobre él flota una costra salida La Litósfera (de litos piedra) que viene a ser una especie de nata de unos miles de metros formada de grandes porciones de rocas, generalmente distribuidas en capas, (mantos de roca o Mantos simplemente).

Por el principio de flotación se supone que a las mayores alturas de la corteza (montañas) corresponden mayores profundidades en ella.

Existen dentro del Magma fuerzas internas que originan que la corteza se desplace en la forma que lo hace la nata cuando hierve la leche. A este movimiento lo llamamos Tectónico y es la causa de que los continentes se desplacen del Atlántico hacia el Pacífico.

El movimiento tectónico da origen a fuertes esfuerzos en las capas de la corteza que hace que se curven (Anticlinales y Sinclinales) y otros se rompan (fallas) originando temblores y terremotos. Originando también movimientos de elevación y descenso en ellas. Hace miles de millones de años estos movimientos fueron tan intensos (grandes cataclismos) que en la actualidad se encuentran en lo alto de la montaña, capas geológicas que en algún tiempo fueron fondos marinos y viceversa. Estos movimientos son responsables también de las erupciones volcánicas, dando origen a las rocas Volcánicas su mecanismo es poco conocido aun y de que masas de magma penetren en la corteza terrestre y se solidifiquen dando origen a las rocas Intrusivas o plutónicas. Los dos grupos anteriores comprendidos en un grupo IGNEAS.- también existen externamente agentes que las destruyen y/o modifican. Mencionaremos los principales de ellos.

Los agentes químicos. Que llegan arrastrados por el agua o el aire, cambian su naturaleza química degradandola y desintegrandola.

Los cambios de temperatura. Que influyen en diferente forma en las diferentes porciones de roca por su naturaleza, masa o profundidad, creantensiones internas que la desintegran Sobre todo el fenómeno de:

Congelación y deshielo. Que con la presencia del agua en la roca congelada, como el hielo ocupa un mayor volumen que el agua, hace el papel de cuña dentro de la roca desintegrándola.

El poder solvente del agua. Que al disolver algunos de los componentes de la roca la desintegra. Los fenómenos antes descritos en su conjunto son conocidos como "Intemperismo" de la roca. Pero también hay una acción mecánica de desgaste llamada "Erosión", ocasionada por agentes externos. Mencionaremos los principales:

Erosión eólica. Ocasionada por los vientos que tanto por el golpe directo del aire como de las partículas que arrastra van desgastando la roca.

Erosión Pluvial. Por la acción mecánica de la lluvia.

Erosión Fluvial. Ocasionada por las corrientes de agua y por los materiales que arrastra.

Erosión Glaciar. Ocasionada por el movimiento de grandes masas de hielo debido a la gravedad, que erosiona profundamente la roca, moviendo grandes masas a velocidades muy lentas.

Erosión Marítima. Ocasionada por las corrientes marinas, el flujo de la marea y la acción del oleaje.

El producto de la erosión y del intemperismo solo en muy contadas ocasiones permanece en el lugar próximo a su origen (donde cayó), lo normal es que sea transportado a distancias más o menos grandes, donde se depositan "Depósitos Naturales" que serán según el caso, Eólicos, llamados Dunas, Fluviales, Glaciares, llamados Morrenas, Marítimas, o Lacustres, cuando fueron depositados en el fondo de un lago.

En estos depósitos, con frecuencia el material se deposita en capas, debido a los cambios de las estaciones, a las variaciones climatológicas o las geológicas a través de las diferentes eras, van a presentar una estructura vetada que también tendrá la roca sedimentaria a la que den origen.

En ocasiones estos materiales son unidos por un material cementante y dan origen a formaciones rocosas que reciben el nombre de rocas "Sedimentarias" también reciben este nombre a las formadas por la acción disolvente del agua, cuyo poder solvente varía con la presencia de algún agente como el bióxido de carbono, en ocasiones disuelve la roca la acarrea disuelta y después la precipita, tal es el origen de algunas Calizas y de muchas cavernas y de las estalactitas y estalagmitas que hay dentro de ellas

En ocasiones rocas de diferentes tipos (debido a los movimientos tectónicos) vienen a quedar en localizaciones profundas donde la combinación de las presiones debidas a las capas superiores y a las altas temperaturas existentes las transforman dando origen a las rocas "Metamórficas".

Naturalmente, tanto el origen de una roca como el proceso de su formación van a ser responsables de las características de la roca.

La mayor parte de la superficie de la tierra está cubierta por capas de material, procedente de la descomposición de diferentes rocas, que con frecuencia se encuentran mezclados con materias orgánicas, a estos materiales les llamamos "Suelos".

Piedra .- Porción no muy grande de roca.

CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS

ÍGNEAS

PLUTÓNICAS O INTRUSIVAS

VOLCÁNICAS O EXTRUSIVAS

SEDIMENTARIAS

METAMÓRFICAS

SIENES

ESTUDIOS PREVIOS

Ya sea trate del terreno en que vamos a construir o en el que vamos a excavar o el que vamos a explotar para obtener materiales, conviene efectuar en algunos estudios previos.

Estudio Topográfico. Que nos dará idea de distancias, desniveles y áreas, nos servirá para proyectar la obra, y sus drenajes, nos indicará los posibles movimientos de tierras que tendremos que hacer, los lugares y niveles en que nos conviene atacar una excavación o la explotación de un banco o cantera, etc. (topografía).

Naturaleza del Suelo. Que normalmente se basa en efectuar pruebas de laboratorio a muestras inalteradas o alteradas tomadas directamente del terreno. Este estudio nos dará muchos datos que le son necesarios al proyectista y al constructor, durante el Diseño y Construcción de la obra, como son la capacidad de carga del terreno, permeabilidad, contenido de humedad, empuje de tierras, etc. En ocasiones se suple o se complementa con pruebas de carga directa sobre el terreno. Que, generalmente se efectúa mediante una plataforma de carga apoyada sobre una área reducida del terreno, mediante la cual se obtiene una gráfica, cargas-penetraciones, ambos sirven para determinar la capacidad de carga del terreno. Estos estudios corresponden a la "Mecánica de Suelos" (Geotecnia).

Estudios Geológicos. Consisten en determinar la naturaleza de las diferentes capas o mantos, que se encuentran debajo del piso, que no podemos ver, pero que necesitamos conocer, sus diferentes espesores e inclinaciones, así como sus fallas, etc. Normalmente, se inician con el estudio topográfico y un estudio superficial de la naturaleza de los materiales que afloran (Rocas, piedras, suelos) seguido de un estudio por métodos indirectos de las capas más profundas. De estos estudios mencionaremos tres.

Gravimétrico. Mediante la desviación de la gravedad (plomada) de la vertical se detectan la presencia de grandes masas de roca pesada.

Eléctrico. Se basa en las diferentes resistencias eléctricas de las diferentes capas. Para esto se utilizan generadores de corriente que hacen pasar una corriente eléctrica en el terreno mediante varillas (catodos y anodos) encajados en el terreno a diferentes distancias, mediante las caídas de voltaje, interpretadas por especialistas, se forman perfiles geológicos.

Sísmico. Mediante pequeños sismos originados por la explosión de una carga explosiva a cierta profundidad y su registro en sismógrafos, localizados a diferentes distancias y direcciones se obtienen gráficas, que interpretadas nos dan los perfiles y planos geológicos. Este último tipo de estudios, es el más empleado por los geólogos que determinan los posibles mantos petrolíferos en la industria del petróleo.

Los métodos indirectos no siempre dan una certeza, por lo que a menudo se necesita la confirmación mediante algunos sondeos en puntos escogidos.

Sondeos. Mediante la perforación se toman muestras a diferentes y profundidades y en diferentes localizaciones. Estas muestras son interpretadas mediante pruebas de laboratorio por geólogos expertos. Es el método más completo y su exactitud dependerá de la distancia entre perforaciones y de su profundidad y al mismo tiempo es el más costoso. En general diremos que mientras más completo es el estudio será más costoso.

¿Cuál debemos emplear en cada caso?. Es un problema de difícil solución en muchos casos, para la persona encargada de tomar decisiones, pues si toma una decisión que le dará un máximo de seguridad, puede sobre cargar excesivamente el costo de una obra, por otro lado si se decide correr riesgos empleando un estudio no muy completo, las consecuencias pueden ser fatales para la obra o muy costoso el remediar los efectos de un manto desconocido, o encarecer mucho el mantenimiento, etc.,

Platiquemos de algunos casos que no son muy raros en que se ha pecado por falta.

En caso de una construcción pesada construída en una ladera en que las capas geológicas tienen la mismo inclinación, la sobre carga sobre estas capas aunada a una temporada abundante de aguas, que por el aumento de humedad hace el papel de lubricante, ocasiona el corrimiento de ellas, ocasionando el colapso de la construcción. En el mismo caso la construcción de una obra en la parte inferior puede tener como consecuencia que los deslaves de las capas superiores sepul ten la obra. Algunos caminos por los frecuentes deslaves tienen un costo de mantenimiento muy alto, una localización diferente aunque más costosa podría haber sido más económica. En la perforación de un túnel se puede llegar a una capa no prevista, donde la filtración de agua es grande y pone en peligro al personal, al equipo y a la obra misma. Por estudios incompletos al llenarse el vaso de una presa el agua encuentra un manto sumamente poroso, no previsto, por el cual se escapa.

Para cimentaciones podemos pensar que si la construcción no difiere mucho de las existentes podremos usar los mismos valores de carga que se han usado, si no es este el caso y el terreno es llano, una inspección ocular y una o dos pruebas de carga podrán resolver nuestro problema, en cualquier caso, no claro o en que exista duda, habrá que recurrir al consejo de un geólogo.

Cuando se trate de excavaciones o cortes si no son trabajos sencillos también tendremos que recurrir al consejo de expertos.

Para el caso de la explotación de bancos o depósitos naturales de materiales el estudio dependerá de la magnitud de las instalaciones que se vayan a efectuar y si se trata de utilizar explosivos la forma de explotar el banco debe ser determinado por un experto, ya que una explotación defectuosa puede ocasionar un exceso de costo en explosivos y en las labores de descombrado y taqueo.

EXPLOTACION DE BANCOS.

La extracción de los materiales para la construcción se hace a "Cielo abierto", es raro que se obtengan mediante pozos y galerías (minas). Las fuentes de las cuales se obtienen son: Mantos de roca (canteras) y depósitos naturales (fluviales, lacustres, marinos, etc.)

El proceso en general tendrá las siguientes etapas:

- Despálme
- Barrenación
- Poblado, Voladura o tronada
- Taqueo o Moneo
- Carga
- Transporte

Cuando la roca es suave, la barrenación, tronado y taqueo se pueden sustituir por el arado y desbarrancado a base de bulldozer, habrá que hacer un estudio económico para ver cual procedimiento es más económico, dependerá mucho del rendimiento del arado.

Cuando el material está en el lecho de un río. (gravas y arenas) bajo el agua se saca mediante una draga que puede cargar directamente a los camiones, pero como la draga es torpe para la operación de carga, muchas veces se prefiere hacer con ella un apilo (montón) en la rivera, en donde el material se escurre y es cargado a los camiones por un elemento de carga (pala o cargador)

Cuando el banco se encuentra en una ladera, lo conveniente es empezar a explotarlo por la parte más baja, desde donde podamos sacar un camino por donde saldrán los materiales. Si por el contrario, se encuentra bajo el piso de una región plana, se hará un tajo, que se irá profundizando y ampliando conforme la explotación avanza.

DRENAJES.- El agua de lluvia puede ser un problema para la explotación, que puede llegar a anegar los bancos paralizando las obras, para evitar estos problemas, los bancos se rodean de zanjas o bordos que evitan que el agua de los terrenos vecinos entre al banco y a este se le provee de drenajes

para que el agua que caiga dentro de él sea rápidamente desalojada, de no ser esto posible, habrá que hacer en el fondo un carcamo (lugar donde se junta el agua) y bombearla al exterior. En otros casos se recurre a hacer la explotación en dos o más escalones o niveles y durante la temporada de aguas se trabaja en los superiores y en la época de secas cuando el agua se ha filtrado o evaporado se ataca el nivel bajo.

EXPLOTACIÓN.- (Ver figura No. 3) Para la explotación del banco habrá que establecer dos o más frentes de ataque, en escalones cuya huella debe ser lo suficientemente ancha para utilizarse como zona de trabajo y cuyo peralte dependerá según el caso: del espesor, del manto que vamos a explotar, cuando el material puede ser atacado por el elemento de carga (pala o cargador) dependerá de la altura en que este trabajo más eficientemente. Otras veces estará limitada por la profundidad que puedan barrenar nuestras perforadoras. Cuando no tenga estos límites la altura será la mayor que nos permita trabajar con seguridad para el personal y equipo. Dependiendo de la naturaleza del material el frente de ataque tendrá una pendiente o podrá ser vertical. En ocasiones nuestro banco estará formado por vetas alternadas de roca dura y roca suave, esta última puede ser arcilla y arena, en estos casos el sistema de explotación debe ser planeado por una persona con mucha experiencia, pues un mal sistema puede ocasionar altos costos y una explotación difícil y peligrosa.

Quando se trabaja con explosivos se debe de tratar de obtener una buena fragmentación de la roca. En toda explotación siempre obtenemos piedras cuyo tamaño sea más grande del que podemos utilizar, este puede ser según el caso, el tamaño de la boca de la quebradora primaria, un exceso de tamaños grandes, nos va a aumentar los costos pues o tendremos que hacer una labor de quebrado con el o cuando el gasto de esta labor no sea pagado por el material que estas rocas nos den, habrá que desperdiciarlas, retirándolas de las zonas de trabajo y los costos de barrenación y explosivos que ellas ocasionaron serán desperdiciadas.

DESPALME.- Sobre el material que vamos a explotar, salvo raras excepciones se encuentra una capa de material que no nos es útil y si nos estorba, a la acción de retirarla se le llama "Despalme", mientras más corto sea este acarreo, menos costoso resultará, pero deberá ser retirado lo suficientemente para permitirnos una zona de trabajo sin problemas. Si tenemos en las cercanías una barranca éste será el sitio ideal, pero debemos de cuidar no tapar el arroyo. En ocasiones pondremos la primera parte del despalme sobre una zona que posteriormente trabajaremos, aunque éste material va a tener un doble movimiento. En general debemos establecer un sistema de manera que el despalme vaya a dar al agujero que dejó una zona ya explotada. En general la forma más económica de retirar este material es con el bulldozer, que trabaja eficientemente en distancias de 60 m. más allá empieza a bajar esta y más de 100 mts. se vuelve muy poco eficiente, a distancias mayores, la motoescropa o un elemento de carga y camiones son más eficientes.

Si el material de despalme no puede ser atacado por los elementos antes descritos habrá necesidad de utilizar el arado o explosivos.

BARRENACIÓN.- Para fraccionar la roca con explosivos necesitamos alojar a estos dentro de agujeros abiertos en la roca, a estos agujeros se les llama "barrenos", a la labor de hacerlos "barrenación".

La forma más primitiva y sencilla de hacerlos es a mano, mediante barrenas y a los operarios que los hacen se les llama barreteros y trabajan por parejas.

Las barrenas son barras de acero octagonal de 5/8" ó 3/4 de pulg. de diámetro y diferentes largos, en un extremo mediante el forjado se les hace un visel, que se amplía con la misma forja a dar un ancho de 1" o algo más. La barrena es colocada verticalmente con el visel contra la roca y sostenida por uno de los barreteros el otro la golpea con un marro, a cada

golpe el que la sostiene la gira un cuadrante para que el vi sel no se acüñe, conforme el barreno va progresando cambian la barrena por otra más larga, en esta forma se alcanzan hasta unos 4 mts. de profundidad. Para hacer estos barrenos se facilita el añadir un poco de agua y para retirar el material molido, usan una varilla de madera (fainero) a la que se le pega el material cuando la introducen en el barreno. Cuando la roca no es muy dura puede utilizarse otro sistema, en el cual el barreno se inicia en la misma forma y cuando se ha hecho unos cincuenta cms. la barrena se cambia por otra de 6.5 m. de largo que la pareja levanta dentro del barreno y deja caer de una altura de 40 cm. girándola un cuadrante cada dos golpes en esta forma se obtienen barrenos hasta de 5.5 m. cuando con éstos sistemas se perforan materiales que contienen gravas, la caída de pequeñas piedras atasca la barrena, para evitar esto, periódicamente se introducen en el barreno churros de barro ligeramente húmedos, que la barrena forza en las paredes y que hacen el ademe del barreno.

LA BARRENACIÓN MECÁNICA.- La más sencilla se hace con la pis tola neumática portatil, de unos 15 a 20 Kgs. de peso que trabajar con aire comprimido a 7 Kg/cm². de presión, lleva adosada la barrena, que es una barra hueca, que lleva en el extremo la boquilla cambiabile, que es el elemento de ataque a la roca con dos viseles en cruz, son de acero endurecido, en algunas de ellas, los viceles son plaquillasde tugsteno, al centro llevan un agujero que coincide con el de la barra. Dentro de la pistola el aire acciona al martillo, que es un cilindro de acero para que golpe la barrena, parte del aire de escape accionado ala barrena para que gire y otra parte viaja por la perforación que ella tiene y al ascender por el barreno expulsa el material triturado, cuando estas máquinas trabajan en materia les con grava, se atascan con frecuencia por lo que anteriormente se dijo..

El Wagon Drill es una máquina más avanzada que tiene una pis tola neumática del mismo tipo, de mayor peso, que maneja barrenas hasta de 3" de diámetro y 10 m de longitud, la pistola

va montada sobre guías en una torrecilla de un carro de dos o tres ruedas, un motor de aire levanta o baja la pistola y en el trabajo mantiene una presión sobre ella para facilitar su avance, la torrecilla puede inclinarse para perforaciones en ángulo.

Las más livianas de estas máquinas se cambian de lugar a mano, otras tienen un motor de aire que les permite moverse hasta en pendientes de 30°.

EL QUARRY MASTER.- Máquina con los mismos lineamientos que la anterior montada sobre orugas que carga su equipo neumático, tiene propulsión propia y puede hacer barrenos de 6" o mayores y 25 m. de largo.

LA PERFORADORA DE PERCUSIÓN.- Máquina que va desapareciendo del mercado porque se va quedando atrás en eficiencia respecto a las anteriores, usa barrenas pesadas de 4 a 8 pulg. que van colgadas de un cable de acero, y que eleva y deja caer unos 40 cms.. Tiene el defecto de que para retirar el material molido se tiene que sacar periódicamente la barrena e introducir un tubo, con un elemento de cierre en su base, que saca el material molido.

Por último para completar los equipos de perforación, aunque no son usados en la explotación de canteras, mencionaremos:

EL JUMBO.- Sobre un elemento montado sobre orugas, con propulsión neumática, hay brazos móviles que pueden tomar diferentes posiciones en las cuales van montadas 4 pistolas neumáticas del tipo de las manuales que trabajan al mismo tiempo. Ahorra mano de obra y es muy utilizado en la excavación de túneles.

LA ROTARIA.- Es un equipo fijo, o móvil. La barrena esta formada por tubos de acero y el elemento de ataque, la cabeza, lleva ruedas dentadas, al girar la barrena estas ruedas por la presión que les da el peso del tubo, muelen la roca por el interior de los tubos, se inyecta lodo bentonítico que

al salir por la perforación, la ademan y arrastran el material molido, los tubos cuelgan dentro de una torre, que sirve para las maniobras de montaje y desarmado. Con estos equipos se logran perforaciones de 90 cms. y de más de 1000 m de profundidad. Se usan en la perforación de pozos de agua (hasta 300 m.) y en las perforaciones petroleras, en estas últimas, el lodo bentónico que es pesado impiden que el petróleo brote antes de tiempo, cuando se desea que brote se aligera el lodo añadiéndole más agua.

En la perforación de canteras la barrenación se lleva 50 cms. más abajo del piso de trabajo, para evitar que rocas salientes estorben las labores.

LOS EXPLOSIVOS INDUSTRIALES.

GENERALIDADES.- La combustión es una combinación de una sustancia química con el oxígeno. Para que se efectúe se necesita: un combustible, la sustancia química: un comburente, el oxígeno del aire o un cuerpo químico que lo proporcione y un agente que inicie la combustión que puede ser una chispa o una temperatura suficientemente alta para que el combustible entre en combustión espontánea. La combustión siempre genera calor y gases.

Cuando la combustión se efectúa con mucha rapidez decimos que los cuerpos explotan, la formación de gases muy rápida y la presión que originan es muy alta y puede romper lo que se encuentra alrededor. Las sustancias o mezcla de sustancias que al mismo tiempo que son combustibles pueden proporcionar gran cantidad de oxígeno, con la presencia de un agente que inicie la combustión, reaccionan de esta manera y son las que conocemos como "Explosivos" algunas de ellas son utilizadas por el hombre para utilizar su energía en forma positiva con fines industriales y a ellas vamos a referirnos.

Los explosivos industriales a excepción de los detonadores cuando no están confinados, arden con relativa lentitud y cuando arden producen mayor cantidad de gases, pero no levantan

presión, en cambio cuando están confinados, al no poder escapar los gases levantan la presión y esta hace que el resto del explosivo explote, en general debe uno evitar que los explosivos ardan, sino que exploten pues la parte que arde representa energía perdida. Otra forma como pueden explotar es con un fuerte impacto y otra es al llegar a ellas una onda explosiva, provocada por otra carga en explosión, esta última es la que aprovechamos para hacerlos explotar a voluntad y los explosivos que crean esta onda de explosión inicial los llamamos " Detonadores ".

Mencionaremos algunas características de los explosivos. Deben ser estables, esto es que no se echen a perder durante un tiempo razonable en que pueden estar almacenados y que no exploten subitamente, ni con las manipulaciones a que los vamos a someter durante su manejo. Algunos de ellos pueden absorber agua con más o menos rapidez y en estos casos deben estar protegidos, ya que la humedad puede bajar su potencia y aun volverlos inertes. Deben ser sensibles, esto es deben de explotar bajo la influencia de otra explosión y propagar la onda explosiva de un cartucho a otro. Deben ser plásticos para que al ser atacados llenen completamente el barreno sin desmoronarse (Por atacar entendemos el presionarlos o golpearlos con cierta fuerza con una varilla de madera a la que se conoce como fainero para que ocupen completamente una cavidad), cuando los explosivos no llenan totalmente el barreno, los espacios vacíos amortiguan la explosión restándole potencia, en términos generales los explosivos más densos son más potentes, tienen mayor velocidad de detonación (la velocidad con que se transmite en ellos la onda explosiva) y por ser más potentes se logra con ellos una mayor fragmentación de la roca. Los densos y potentes son más costosos y en general dependiendo del uso que les vayamos a dar, y de lo que esperamos de ellos se hará la elección del tipo.

Las formas en que se encuentran en el mercado son granulados o cartuchos. Los cartuchos son cilindros de explosivo compactado protegidos exteriormente por papel parafinado, que además de protegerlos de la humedad facilitan su manejo, esta envoltura es susceptible de romperse cuando son atacados.

Trataremos de los explosivos usados industrialmente, empezando por los más potentes.

LAS GOMAS O GELATINAS.- Obtenidas por la disolución de nitrocelulosa, en nitroglicerina, son explosivos gelatinosos cuya consistencia varia desde un liquido viscoso y espeso hasta la del hule.

Son densos, plásticos y cohesivos, muy resistentes al agua por lo que se usan cuando se requiere utilizar explosivos bajo el agua, por su gran potencia se usan en las rocas más duras (el término debería ser resistente, características que casi siempre van juntas) obreniéndose una muy buena fragmentación.

Su velocidad de detonación es de 7300 m/seg. y su densidad es de 1.4 a 1.8 vienen en cartuchos de diferentes diámetros y largos, dependiendo del diámetro del barreno, en que van a ser utilizadas.

LAS DINAMITAS.- Son el resultado de absorber la nitroglicerina en tierra de infusorios o en otro medio absorbente. Son poco sensibles a la humedad, su detonación es fácil y segura. Son los explosivos más usados en la tronadura de roca de dureza media que es la que más abunda en canteras, túneles y minas.

La seguridad de su explosión, hace que se usen como "Cebo" que es un cartucho de dinamita o goma con una cápsula detonante dentro de él, que inicia la explosión de toda la carga.

Son muy seguras en su manejo, una llama las hace arder sin explotar, soportan sin explotar el impacto de una caída, una bala las hace explotar. La potencia más usada es de 40% que es el porcentaje en peso de la nitroglicerina sobre el peso total. Vienen en cartuchos de diferentes medidas, la más usada es de 3 cm. de diámetro y 20 de largo aproximadamente, empaquetadas en cajas de cartón de 22.5 Kg. en las que entran de 210 a 225 cartuchos, su densidad es de 1.5

Tanto las gomas como las dinamitas en climas muy fríos se pueden congelar, la operación de descongelarse debe hacerse con mucha precaución a base de agua caliente.

LAS PÓLVORAS.- Mezcla de Carbón, azufre, y nitrato de potasio o sodio. Son explosivos de acción lenta, que se utilizan en roca muy suave o suelos blandos (tepetate, andesitas, boleos, etc), no estando confinados arden, son sensibles al agua por lo que no se pueden usar en suelos húmedos. La velocidad de detonación es de 450 m/seg. aumentando cuando está granulada en granos pequeños, pueden detonar sin necesidad de detonador, bajo la sola acción de la mecha, aunque esto no es muy aconsejable, es preferible usar un cartucho de dinamita con un cebo, en México sólo se fabrican granuladas.

LOS NITRATOS DE AMONIO.- Son sustancias muy higroscópicas. por lo que hay que cuidarlas mucho en lugares húmedos o temporada de lluvias. Son poco sensibles, se utilizan mezcladas con diesel y diferentes cantidades de dinamita. Mezcladas con la dinamita se utilizan para bajar costos cuando la roca no es muy dura. Con poca dinamita se usan como la pólvora. Por lo general la mezcla del nitrato con el diesel y la dinamita se hace inmediatamente antes de utilizarla.

ARTIFICIOS.- Para el uso de los explosivos, necesitamos de ayudas para lograr la detonación y a ellas se les conoce con el nombre genérico de "artificios" los principales son: las mechas de seguridad, los detonadores y el cordón detonante.

LAS MECHAS DE SEGURIDAD.- Formadas por un núcleo de algodón impregnado con pólvora negra especial, cubierto por capas impermeables y de tejido de algodón que las protege del agua y le da resistencia mecánica, se fabrican también mechas impermeables para usarse bajo agua, la velocidad de la mecha varía entre 0.6 y 1.2 m por minuto y por seguridad nunca debe utilizarse en longitudes menores de 0.5 m. Se corta con cuchilla sobre un pedazo de madera y el corte debe ser siempre transversal, nunca inclinado, hay que evitar que se suelte

parte del núcleo, cuando un corte es antiguo, se hace un nuevo corte antes de usarlo, hay que evitar quebrarla, no se debe colgar de clavos, solo de piezas de madera. La mecha se enciende haciendo en su parte extrema una pequeña cortadura que deja al descubierto la pólvora, sobre ella se coloca la cabeza de un cerillo que se raspa con la caja, al encender la mecha mostrará una pequeña llamita de corta duración, de la que hay que estar pendiente para asegurarse que ha encendido, después salvo, algunas mechas que humean ligeramente no veremos ningún signo de que está encendida.

LOS DETONADORES.- Son cápsulas cilíndricas de unos 7 mm de diámetro y 20 a 45 mm de largo, llevan en primer término un explosivo muy sensible, el fulminato de mercurio el nitrato de plomo y en íntimo contacto con el un explosivo muy potente que puede ser trilita, tetralita o pentritita. El primario detona con la llama de la mecha o del combustible encendido electrónicamente y a su vez, detona al secundario, provocando una pequeña pero potente explosión que sirve de cebo a la carga explosiva, hay dos tipos:

FULMINANTES.- Que se usan con la mecha de seguridad. La mecha con un corte recién hecho se introduce en el extremo des tapado del fulminante hasta que quede en contacto con el ex plosivo primario, mediante pinzas especiales se le hace una cintura a la cápsula que de esta forma queda fija a la mecha.

ESTOPINES.- Dos alambres eléctricos forrados para evitar cortos circuitos entran a la cápsula y se prolongan por un filamento que esta en una capa de un compuesto de fósforo que va en contacto con el detonante primario de la cápsula. Al pasar una corriente eléctrica por el filamento hace arder; al compuesto de fósforo y este detona al primario.

EL CORDÓN DETONANTE (primacord)..

Exteriormente tiene el aspecto parecido a la mecha de seguridad, pero su papel es totalmente diferente, pues detona todo el instantáneamente con una velocidad de 6200 m/seg. su onda detonante es muy potente, Está formado por un núcleo de

"pentrílita" contenido en una envoltente de material plástico impermeable, y protegido exteriormente por un tejido de algodón que lo defiende de las rosaduras. Es un cordón muy flexible. La onda detonante puede pasar de un tramo a otro sin necesidad de que sus núcleos estén en contacto, por lo que para unir dos tramos basta con traslaparlos y fijarlos entre sí con cinta engomada o alambre, en esta forma pueden sacarse ramales, para hacerlo detonar basta en cualquier parte de el adosarle un estopín o fulminante mediante cinta engomada o alambre a su vez transmite la detonación a las cargas explosivas para lo cual sólo necesita estar en contacto con ellas. No detona con la llama ni con golpes o presiones de trabajo, ni con el roce, por lo cual con las precauciones debidas es segura su manipulación. Se usa en forma especial cuando las cargas explosivas están separadas por los tacos, como en el caso de rocas estratificadas en las que alternan capas de roca dura con capas blandas, en las capas de roca dura se pone explosivo y en las blandas un taco que puede ser arcilla o arena. También se utilizan cuando se hacen voladuras bajo el agua en donde los estopines pueden presentar fallas, el cordón detonante hace un buen trabajo pero la detonación debe iniciarse en la parte que emerge del agua.

POLVORINES.- Son los almacenes de los explosivos. Deben ser construcciones de paredes gruesas, frescas, con pisos de madera a las cuales se las rodea de bordos de protección, cuando no se pueden aprovechar accidentes naturales, como laderas, lomas arboladas, de preferencia deben de estar hechas de materiales delesnables, de forma que si explotan se convierten en polvo y no en proyectiles. Los muros de tabicón tepetate o adobe y los techos de asbesto cemento son buenos, deben de estar libres de hierba los alrededores y deben de contar con pararrayos. No se debe entrar a ellos con ropa que pueda electrizarse ni con zapatos con clavos. La dinamita debe almacenarse en diferente polvorín que las polvoras y ambas en diferente que los artificios. Dependiendo de su capacidad deben estar retirados a distancias especificadas unos de otros y de lugares que pudieran

dañar como poblados, carreteras, vías férreas, líneas de con
ducción de energía, oleoductos, etc.

El uso de explosivos requiere permiso especial de la Secreta
ría de la Defensa y para ésto se necesita contar con los pol
vorines adecuados.

POBLADO Y VOLADURA O TRONADA.- A la acción de colocar los ex
plosivos en los barrenos se le llama "Poblar" y a los opera-
rios que lo hacen "Pobladores"

Para suelos blandos cuando se usa la pólvora no es suficiente
el volúmen del barreno para alojar la carga de explosivo nece
saria, para poder hacerlo hay que abrir en el fondo del barre
no el espacio necesario (caja) utilizando dinamita.

Para hacer ésto, se deja caer un cartucho de dinamita seguido
de otro cebado y encendido, esto es un cartucho con fulminan-
te y mecha (no menos de 50 m) a ambos se los sigue con el fai
nero para cerciorarse que llegaron al fondo, alt tronar los ga-
ses saldrán por la boca del barreno, arrastrando piedritas de
las que hay que cuidarse y abrirán una pequeña caja al fondo
del barreno, a esta operación le llaman "Secantear" y a la car
ga "Secante" porque seca las paredes del barreno, que fue abier
to a base de lodo y agua. Un segundo secante hará mayor la
caja, esta vez se meterán 10 ó 20 cartuchos que se atacan con
el fainero y después se introduce el cartucho cebado, esta vez
la caja abierta será mayor y podrá alojar a la carga explosiva
de pólvora, para barrenos profundo con gran masa de terreno so
bre ellos, es posible que tengamos que usar un tercer secante
para alojar una carga mayor de pólvora que puede ser de unos
150 Kgs.. Para colocar la carga de pólvora, primero se intro-
duce el cartucho de cebo con mecha suficiente para que de tiem
po a las operaciones de encendido de las mechas que pueden ser
las de varios barrenos, se sostiene la mecha mediante un peso
que puede ser una piedra o mejor un madero, para que no se vaya
dentro del barreno, y se va chorreando despacio la pólvora den
tro de él, para evitar que la pólvora se encueve a medio camino
se mueve ligeramente la mecha con movimientos verticales y con
cierta frecuencia se introduce el fainero para cerciorarse que
esta llegando al fondo, una vez introducida el total de la carga

se ataca del resto del barreno para no dejar salida a los gases y el efecto de la tronada sea más efectiva, esto se hace por tramos utilizando como taco arcilla o arena. Como es muy común que se truenen simultaneamente varios barrenos, uno o varios pobladores tendrán que encender las mechas, si son más de uno tendrán que coordinarse muy bien y las mechas tendrán que ser suficientemente largas para dar tiempo suficiente para el encendido y para que los pobladores puedan retirarse sin mucha prisa a la distancia conveniente, los barrenos tronaran sucesivamente sin mucho orden, hay que irlos contando para cerciorarse de que todos tronaron, antes de acercarse, pero algunas veces por tomar dos al mismo tiempo, la cuenta no sale, conviene esperar unos 20 minutos más pues en ocasiones un barreno puede dilatarse en tronar.

En caso de duda de que una carga no explotó hay que advertir al operador de la pala o cargador para que proceda con cuidado y a la menor señal de pólvora pare la operación. Cuando se localiza un barreno que no trono hay que desactivarlo para lo cual se vuelve a barrenar usando agua en abundancia para que una humedad abundante vaya siempre por delante de la barrena y cuando alcance la pólvora no pueda producir una chispa que la incendie. El fainero nos indicará cuando se ha alcanzado la pólvora. Un cartucho cebado con suficiente mecha para permitir al poblador retirarse, hará explotar a la parte de la carga que todavía puede hacerlo o nos indicará que ya es inocua.

Este sistema es muy usado en las minas de arena que rodean al Distrito y los barrenos se colocan en la pendiente del frente que normalmente tiene de 15 a 30 m. de altura.

También se usa en tepetates, boleós, etc. y en rocas muy blandas en las que nos dá grandes bloques de piedra.

Para las gomas y dinamitas el barreno tiene espacio suficiente para alojarlas ya que los barrenos se hacen con el diámetro y a distancias adecuadas, se distribuyen normalmente en forma de cuadrícula o tresvolillo y para barrenos de gran diámetro que van a distancias mayores suelen hacerse entre

ellos barrenos de menos diámetro que no se cargan, para lograr una buena fragmentación.

Para las voladuras, salvo las muy pequeñas no se utilizan las mechas sino los estopines eléctricos, que son más seguros, efectúan la tronada simultáneamente permitiendo una mayor fragmentación y antes de iniciarse se cerciora de que todo el personal y equipo esté a la distancia conveniente ya que no tiene que entrar el personal al encendido. El cartucho con el cebo va al fondo del barreno, sobre de el sino es muy profundo y los cartuchos son pequeños, se van dejando caer atacándolos por tramos con el fainero para que llenen toda la cavidad, dejando la parte final del barreno para el taco, para que los gases no escapen por la boca antes de hacer la voladura. Se unen los alambres de los estopines de los diferentes barrenos de manera que queden: en serie, en paralelo o en forma mixta, de acuerdo con las características de la fuente de energía que nos va a proporcionar la corriente continua que accionará a los estopines. Esta fuente normalmente es el "Explosor" que manualmente al accionar una palanca acciona un magneto que produce la corriente y que se coloca a una distancia segura y mediante alambres gruesos se une con las terminales de la línea de estopines.

Para grandes voladuras existen mecanismos más sofisticados. En las voladuras medianas y grandes para lograr un mejor fraccionamiento se usan estopines retardados 2, 4, 6, u 8 milisegundos que de fábrica traen los retardos, para la primer línea de barrenos se usan instantaneos, para la 2a. con 2 m.sec. la 3a. 4m.sec. etc., esto hace la voladura más efectiva y se obtiene un mejor fraccionamiento de la piedra.

EL AMACISADO O DESCOMBRADO.- Después de la voladura queda en la parte frontal del frente material mal adherido o en equilibrio poco estable que ponen en peligro a las labores posteriores, por que en cualquier momento pueden caer. Hay necesidad de echarlas abajo y a esta labor se le llama "Descombrado", en México se usa con frecuencia el término "Amacisado" y se lleva a cabo por operarios provistos de barretas que se cuelgan con cables de la parte superior del banco, generalmente son los mismos pobladores.

TAQUEO o MONEO.- Al llevar a cabo una voladura es normal que nos de algo de material con un tamaño superior al que nosotros deseamos o podemos utilizar (tamaños superiores a la entrada de la quebradora primaria). Podremos deshecharlos alejándolos de la zona de trabajo o tendremos que hacer una labor de fragmentación posterior.

Para ésto, los bloques a romper se barrenan y se les coloca una mona cebada (mona, pequeña carga explosiva, generalmente un cartucho de dinamita o una fracción).

En ocasiones, la mona se pega al bloque sin perforar mediante una plasta de lodo y se truena, pero esto generalmente es poco eficiente. Otras veces no se utilizan explosivos sino, una maza grande de acero 1 Ton. o mayor que es levantada por una grua y dejada caer sobre los bloques en esta operación el costo está casi totalmente representado por el costo de la grúa.

La elección del sistema dependerá del tamaño y cantidad del y sobre tamaño y de la naturaleza de la roca, cuando sea poca de poco tamaño y no muy dura podremos recurrir a romperla con marro. Cuando valga la pena recurriremos a un estudio económico para determinar cual método nos conviene.

CARGA Y TRANSPORTE.- La carga normalmente se hace con pala mecánica o con cargador frontal. La pala es un equipo con alto costo inicial y algo torpe para transitar, por lo que hacedilatados los cambios de frente o el retirarse durante la voladura, tiene la ventaja que en ocasiones cuando la capacidad concuerda con las necesidades, el tamaño del bote (que no podrá cargar piedras mayores que el) impedirá que en los transportes viajen piedras que puedan tapar la quebradora primaria. Estas palas pueden ser eléctricas, la electricidad es más eficiente que el diesel y no se pierde tiempo en arranques y los tiempos perdidos por descompostura del motor son mínimos. El cargador frontal es un equipo de menos costo inicial más versátil y rápido aun cuando su fuerza de ataque es menor, cada día desplaza más a las palas mecánicas.

El transporte se hace casi siempre en camiones de volteo. Para la roca se utilizan con mucho éxito camiones de volteo especiales con chasis y caja muy reforzadas, las que reciben el nombre de "Yucles" por la casa "Euclid" que fue la que los fabricó en gran escala.

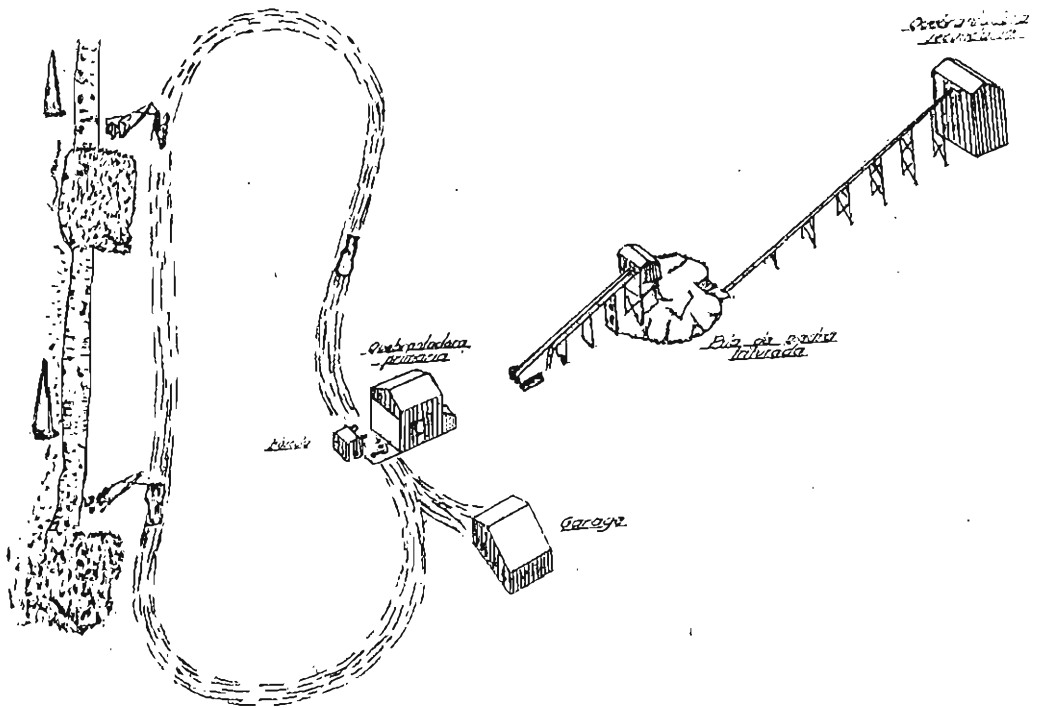
Algunas canteras han usado las bandas transportadores cuya operación en sí, es muy económica, pero como los primeros tramos, tienen que ser móviles por que hay que retirarlos durante la voladura y alargarlos conforme el frente avanza. Una mejor solución puede ser mixta Camiones-Banda.

USOS DE LA ROCA.- La roca se utiliza en la construcción para las mamposterías. Las piedras toscas o finamente labrada (sillares) han sido usadas en la construcción antigua para las construcciones más valiosas, catedrales, castillos, monumentos etc, También se usan en cimientos, muros, muros de retención, y recubrimientos arquitectónicos o recubrimientos defensivos (cortinas en presas de tierras), Muros en puertos para defensa del oleaje y en la costa para defender las playas y evitar que el mar avance, pavimentos, etc., y muy especialmente para la fabricación de gravas y arenas.

En la industria, como materia prima; cemento, cal, yeso, asbesto y muchos productos químicos son procedentes de las rocas y para la obtención de la mayor parte de los metales.

PROPIEDADES DE UNA BUENA ROCA PARA CONSTRUCCIÓN.

- a). Homógeneas, compactas y de grano uniforme
- b). Carecer de grietas y restos orgánicos
- c). Resistente a las cargas que tengan que soportar
- d). No ser absorbentes en proporción mayor del 4.5% en volumen
- e). Tener adherencia a los morteros
- f). No deben alterarse física (desintegración) ni químicamente (descomposición) por los principales agentes. Desgaste de agua, aire, etc.



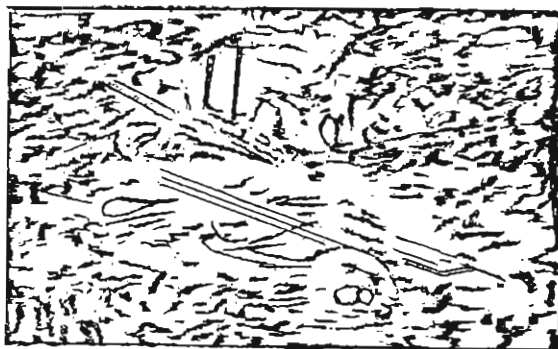
Disposición general de explotación de cantera a cielo abierto, por banco único.

F-2

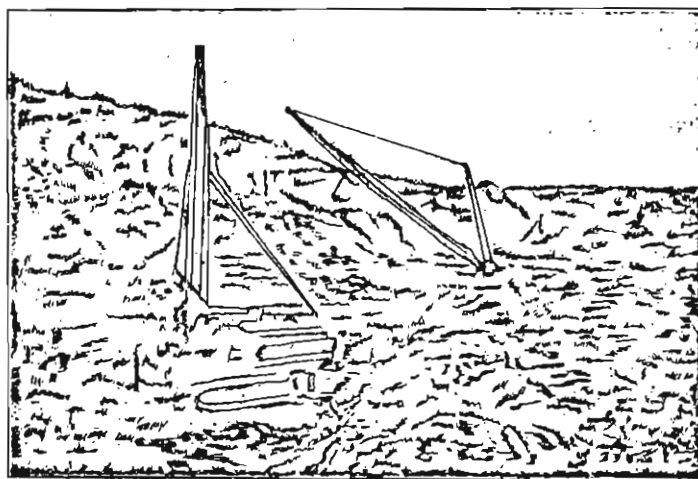
WAGON DRILL



Trabajo Vertical



Trabajo Horizontal



Quarrymaster piston drill
(Ingersoll Rand Co.)

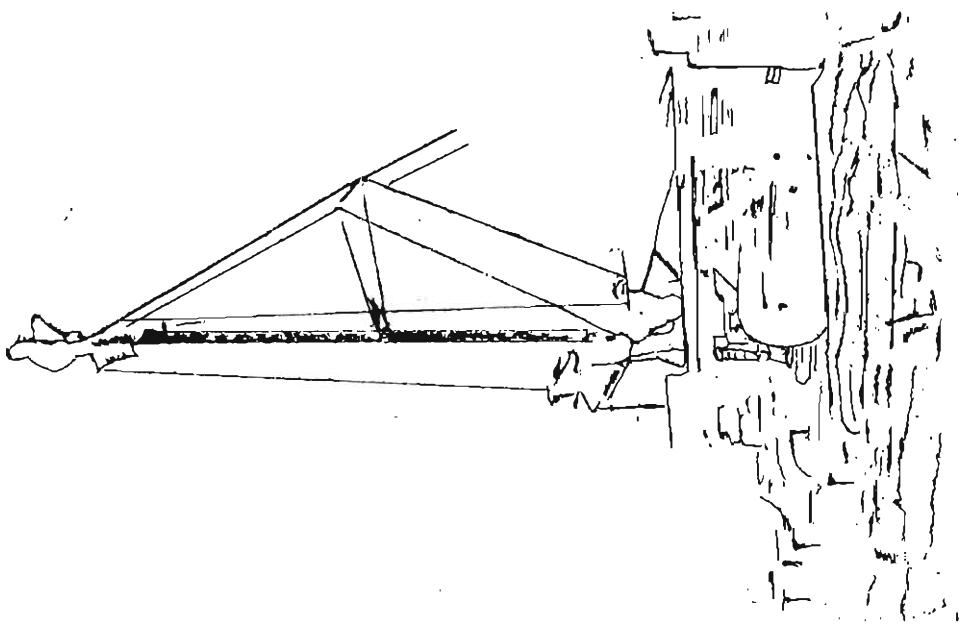


Diagrama de bomba para ferrar de gran capacidad
(Control de la bomba)

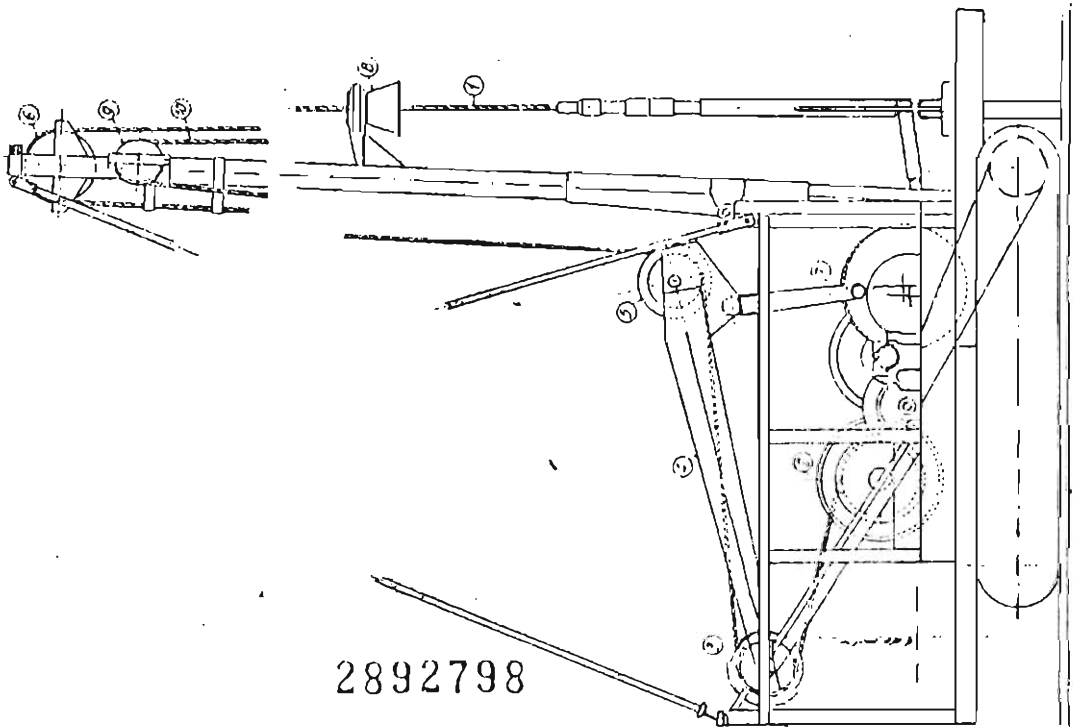
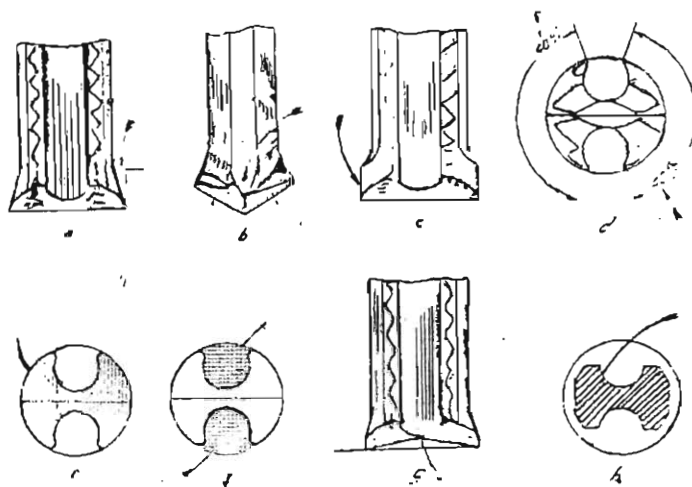


Diagrama de perforadora de perforación
(Control de "The Queen's Machine")

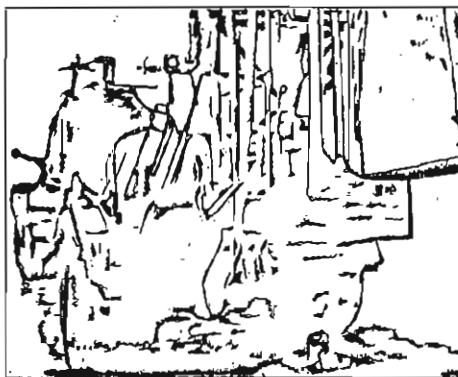
2892798

F-4



Perfil de las barrenas de percusión.

(Cortesía de "Pit and Quare".)

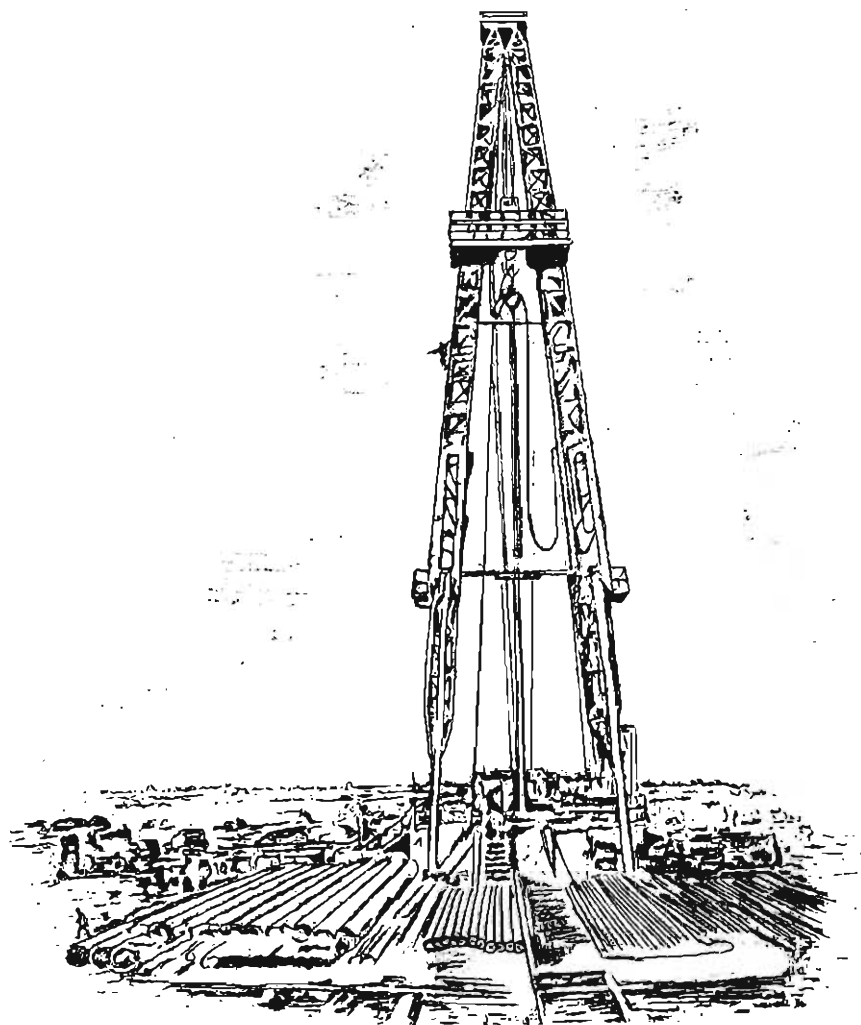


Blawie drill. (Davey Compressor Co.)

ROTARIA

HERRAMIENTA DE
ROTARIA

F-5



F-6

FULMINANTE

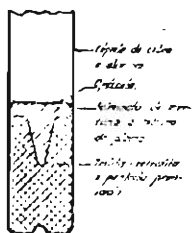
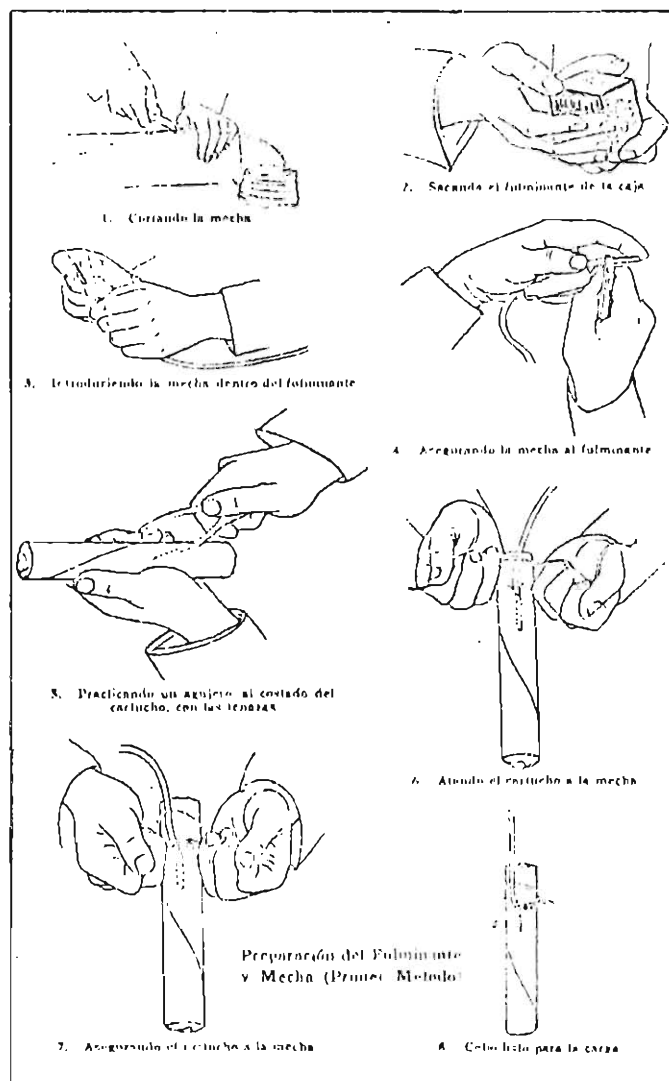
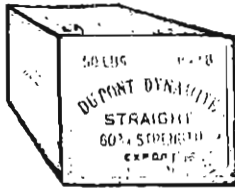


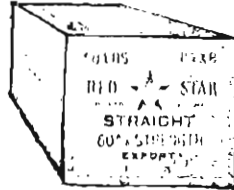
Fig. 26.—Detonador ordinario de carga mixta.



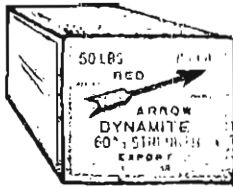
Fulminante Asegurado a la mecha con Fijación
Fulminante Asegurado a la mecha con Cruzetas



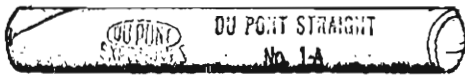
Caja de 50 libras de Dinamita
"Straight" Du Pont 60%



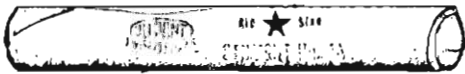
Caja de 50 libras de Dinamita
"Straight" Red Star 60%



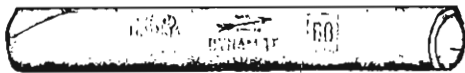
Caja de 50 libras de Dinamita "Straight"
Red Arrow 60%



3.125 x 20 cm. (1 1/4 x 8 pulgadas) Cartucho de Dinamita
"Straight" Du Pont 60%



3.125 x 20 cm. (1 1/4 x 8 pulgadas) Cartucho de Dinamita
"Straight" Red Star 60%



3.125 x 20 cm. (1 1/4 x 8 pulgadas) Cartucho de Dinamita
"Straight" Red Arrow 60%

Cartuchos Dinamita o Goma
3 x 20 cm.



Fig. 49.—Unión de trozos cortos de cordón detonante.

(Cartesta de Imperial Chemical Industries)



Fig. 50.—Ligadura ordinaria para líneas principales
o ramales de cordón detonante.

(Cartesta de Imperial Chemical Industries)

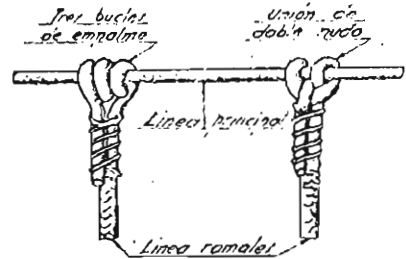
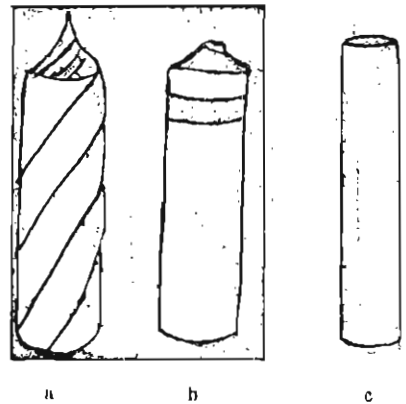


Fig. 51.—Tipos de enlaces de las líneas
ramales de los barrenos.



Cartuchos Gran Tamaño

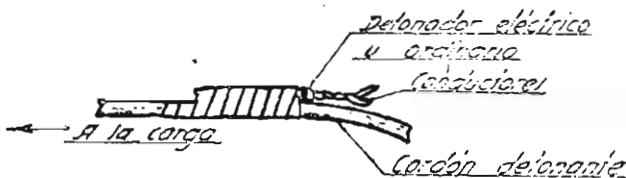
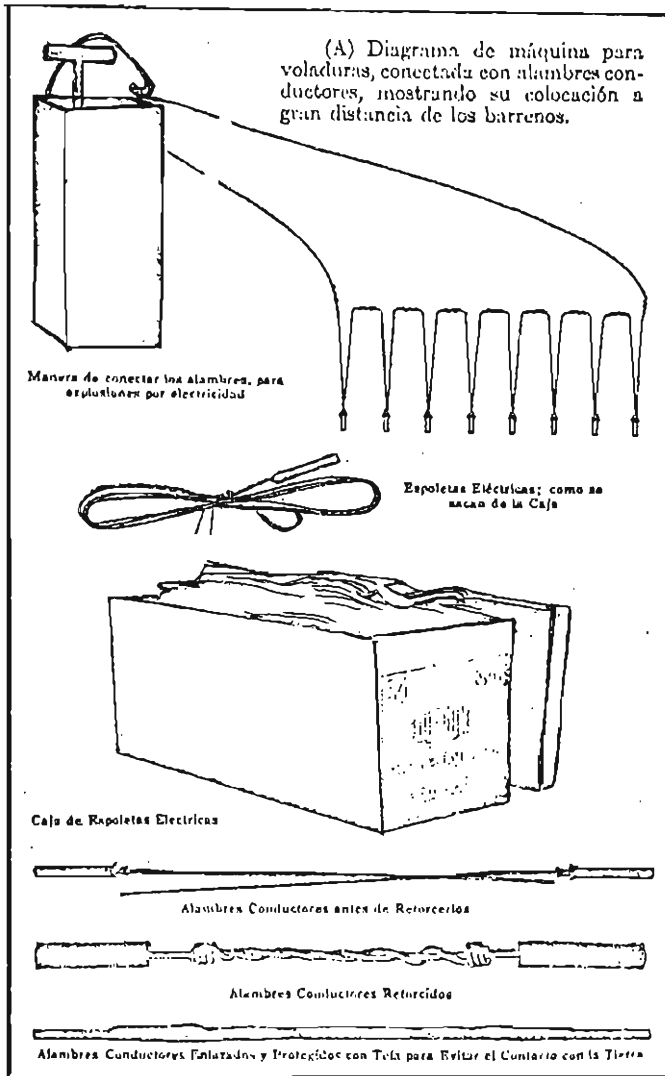
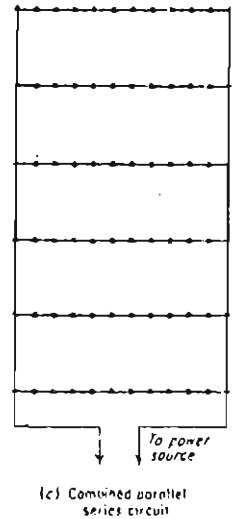
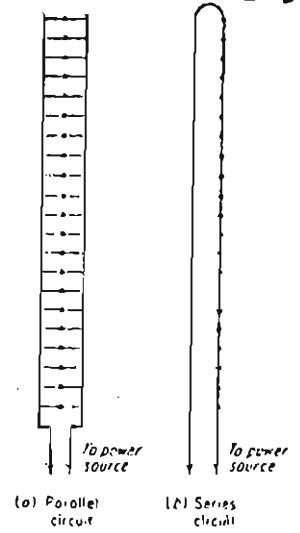


Fig. 53.—Esquema de fijación del detonador al cordón detonante
por medio de cinta o alambre.



F-9



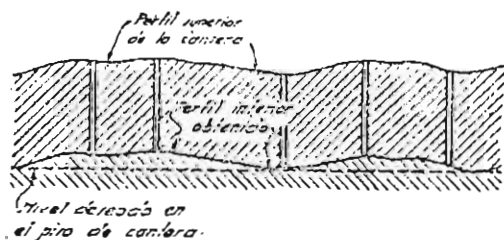
F-10



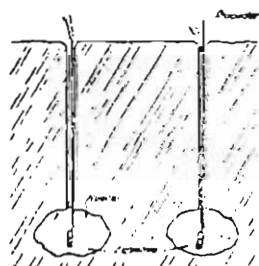
Fotografía de una gran voladura, tomada en el momento que la piedra comienza a desprenderse de la formación.



Vista de un frente de cantera perforado con barrenos de 9", después de la voladura.



Perfil resultante del piso de cantera por inadecuada profundidad de los barrenos.

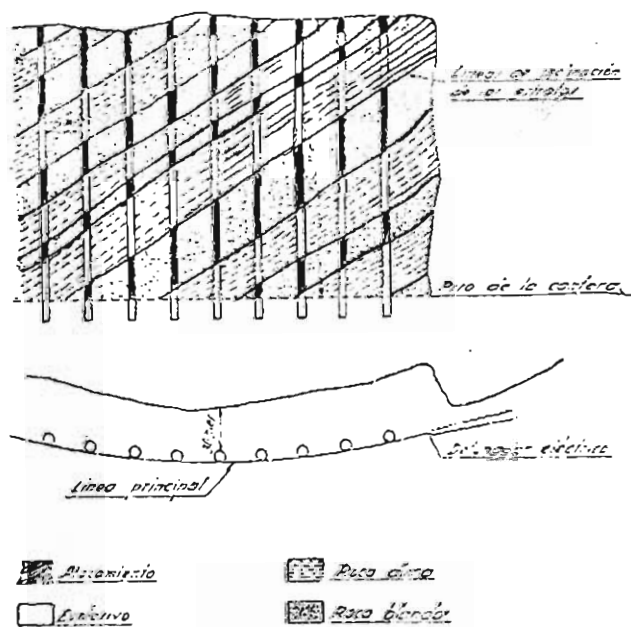


Almacén de explosivos granulado en barrenos mostrados.

Barreno con caja



"Drop-ball" de 4 T. de peso



- Esquema de distribución de las cargas explosivas en formaciones estratificadas de diámetro circular.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS QUE SE USAN EN DIFERENTES PROCESOS

Excluiremos aquellos como los que generan energía, los de procesos químicos, las máquinas herramientas como moldeadoras, formadoras, compresoras, soldadoras, etc. Equipos éstos con los cuales tiene que trabajar en ocasiones el ingeniero civil o a los cuales tiene que proporcionar elementos de sustentación o alojamiento, pero que se salen de nuestra limitaciones.

TRANSPORTADORES

Transportadores de Rodillos.- Series de rodillos cercanos, unos de otros que giran simultáneamente en el mismo sentido, que sirven para transportar unidades, cajas, bloque, lingotes calientes. Algunos de ellos pueden cambiar la rotación, con lo que invierten la dirección en que viaja su carga, como en el caso de los laminadores en la industria del acero.

Bandas Transportadoras.- Las bandas son cintas de hule continuas, reforzadas con un entramado interior que normalmente es de hilo artificial muy resistente o de alambre de acero. En su parte ascendente que carga el material, se apoya en juegos de rodillos formados por tres piezas, de las cuales el rodillo central es horizontal y las dos laterales están inclinadas para que la banda tome forma acunada y el material no se tire, estos juegos normalmente están separados a distancia de 1.2 m menos en la zona de carga del material en que están más juntos. Al llegar a la parte superior, la banda cambia de dirección en un tambor de diámetro suficiente para que la banda no se quiebre. Normalmente este tambor está conectado con el elemento que proporciona la energía para que la banda se mueva, por lo que se le llama Tambor Motriz. Al cambiar de dirección la banda, el material cae y la banda retorna sobre rodillos separados a 3 m. y en la parte inferior vuelve a cambiar de dirección en el rodillo de cola para volver a subir, en el primer tramo está el lugar de carga. La banda debe estar templada para que no se resbale en el rodillo motriz, en las bandas cortas esto se logra tensando la polea de cola, en las largas, lo

común es que mediante un juego de tres tambores de los cuales el central soporta un peso se dé temple necesario y controlado a la banda.

Las bandas por lo general no pueden tener pendientes mayores de 18° , en algunos casos cuando un material es redondeado y carece de finos tendrá pendientes menores, de lo contrario el material en lugar de ascender rodará hacia abajo.

Elevadores de Cangilones

Cuando hay poco espacio horizontal y se necesita elevar un material se utiliza el elevador de cangilones, los cangilones son recipientes metálicos que van fijados en cadenas continuas que por un lado se elevan y por el otro descienden, el cambio de dirección lo efectúan mediante ruedas dentadas de las cuales las superiores son generalmente las motrices, se cargan en la parte inferior y al cambiar su dirección en la parte superior arrojan el material a un lado; son verticales y en este caso no necesitan guías intermedias o inclinadas y entonces necesitan guías en su trabajo ascendente y descendente. Son los transportadores que se utilizan para mover materiales muy calientes.

Para los materiales muy finos se pueden utilizarlos.

Transportadores neumáticos.- en ellos el material es acarreado dentro de tubos por medio de corriente de aire. Cuando el material es abrasivo el desgaste de los tubos puede echarlos a perder en poco tiempo, en estos casos, tienen que ir recubiertos interiormente por películas de materiales especiales como hules, neopreno y otros plásticos que son resistentes al desgaste.

Gusanos Transportadores.- Gusano se le llama a una lámina alabeada en forma espiral, alrededor de un eje (flecha) que va en una caja alargada que se ciñe al gusano, al girar hace avanzar el material de un extremo a otro. Se usan para materiales finos no abrasivos y en distancias cortas. Generalmente, para pasar el material de una máquina a otra. Pueden trabajar con pendiente no muy fuerte.

LOS ALIMENTADORES

Cuando un material está compuesto de granos relativamente finos, fluye a través de una compuerta en forma uniforme y con-

tinua y con solo regularla tendremos el gasto deseado (cantidad por tiempo), pero cuando el material lleva piedras, no pasa lo mismo, puede atascarnos la compuerta, o salir en forma muy variable y nos dejaría al elemento que lo recibe unos ratos sin material y otros sobre cargado, si es una banda se tiraría, si es una quebradora se atascaría, en estos casos se utilizan los alimentadores, que generalmente van unidos a la tolva de recepción al fondo de ella.

Alimentador de Plato.- Caja con dos costados y respaldado y el frente abierto. cuyo fondo es el plato que ocila sobre rodillo movido por un excentrico, al ir hacia atrás el material que esta sobre de él es detenido por el respaldo, cuando va hacia adelante nos proporciona material por el frente abierto. Son sencillos no muy costosos y trabajan bien cuando no se trata de piedras grandes.

Alimentación de vibración.- Una caja con laterales, respaldo y fondo unidos, con una pendiente adecuada para que al vibrar el material resbale por la vibración, no pueden estar unidas a la tolva sino que está, sin fondo, penetra dentro de la caja, están soportados por resortes y la vibración se les dá por excentricas, o por la oscilación de una maza por las variaciones de un campo eléctrico. Cuando el elemento al que alimentan es una quebradora, tienen su fondo o parte de él formado, por barras separadas lo suficiente para que el material que por su tamaño no necesita ser quebrado pase directamente sin pasar por la quebradora. Son muy versátiles y eficientes.

Alimentador de banda.- La caja va unida a la tolva receptora y al fondo de la caja viaja una banda formada de placas metálicas en los grandes que puede ser de hule en los pequeños, las bandas se apoyan sobre rodillos. Las hay de muy diferente construcción y tamaños para mover grandes o pequeñas cantidades de material pesado o ligero. Son muy eficientes con rocas grandes, los hay con divisiones en la tolva, que admitiran diferentes materiales y el alimentador nos los dará toscamente docificados, los hay de velocidad variable y controlable. por último, los hay con mecanismos apropiados

piados para pesar el material que están proporcionando, que pueden registrarlo en gráficos o controlarlo al peso por unidad de tiempo que se les pida.

Estos últimos son muy usados para controlar las docificaciones, de los diferentes componentes de una mezcla como en el caso de la Industria del Cemento.

LAS QUEBRADORAS.

Para reducir el tamaño de los materiales dentro de los tamaños grandes y medianos, decimos que los quebramos y a las máquinas que lo hacen les llamamos "Quebradoras" para tamaños más finos decimos que los molemos y a las máquinas le llamamos "Molinos". En todas ellas, las paredes interiores y la mayor parte de los elementos están recubiertos con placas que se pueden reponer, que son las que sufren el desgaste, evitando que se dañe el cuerpo de la máquina.

Hay una gran variedad de quebradoras y su elección depende del tamaño proporcionado, del que les pedimos como resultado, de la dureza, resistencias y tenacidad y de la cantidad. Describiremos las principales:

QUEBRADORA DE QUIJADAS.- Las hay de diferentes tipos, describimos la más común, dos placas son las quijadas, una fija y la otra móvil, esta tiene un movimiento oscilatorio que por presión tritura la piedra, están colocadas en "V", la parte inferior de la móvil está apoyada en una barra (toggle) que tiene un doble papel, permitir una pequeña oscilación de arriba abajo que ayuda a que la piedra avance y como elemento de seguridad que cuando cae un fierro dentro de la quebradora se rompe, con lo que la quijada se abre y en esta forma no se dañan las partes más costosas, el movimiento se le da a la quijada mediante un excéntrico en la parte superior.

La piedra entra por la parte ancha de la "V" y su abertura limita el tamaño máximo que puede admitir, conforme la piedra va siendo quebrada va avanzando hacia abajo y el tamaño final se regula con la abertura inferior entre las quijadas. Las

placas de las quijadas normalmente están estriadas para lograr un trabajo más eficiente. Son quebradoras muy nobles lajean la piedra pero son muy usadas como primarias en las - que no importan las lajas ya que posteriormente serán quebradas a menores tamaños.

QUEBRADORAS DE IMPACTO.- En ellas el material es quebrado en primer término por el impacto de las barras montadas sobre un tambor giratorio y por el impacto que reciben al chocar unas con otras, contra las paredes de la quebradora y contra mámparas articuladas que cuelgan. El tamaño del producto se regula por la distancia entre las barras del tambor y las mámparas. Cuando entra una piedra demasiado grande las mámparas se abren evitando que la quebradora se atasque. El material que proporcionan no es lajeado y tiene las filas ligeramente redondeadas por lo que es muy bueno para la fabricación de concreto. La relación entre el tamaño de las piedras que pueden entrar y las que salen puede ser muy grande por lo que algunas veces se usan como primarias sin necesidad de secundarias.

Su valor inicial es bajo pero los costos de mantenimiento son muy altos por la necesidad de frecuentes cambios de las barras y placas de recubrimiento o la reposición del material gastado a base de soldadura.

QUEBRADORAS DE MARTILLOS.- El elemento que quiebra la piedra son unos martillos de aleación dura que van articulados a un eje que gira a buena velocidad, el material entra por la parte superior de la quebradora resbalando sobre una placa inclinada y cae sobre los martillos que por impacto la quiebran por primera vez, sufre un segundo quebrado al chocar contra la pared superior, el fondo esta formado por una serie de barras de sección rectangular separadas por la distancia que corresponde al tamaño del producto que se desea, estas barras están colocadas en forma semicircular de manera que la distancia entre ellas y los martillos va disminuyendo, al caer el material quebrado sobre ellas, sigue siendo remolido por los martillos hasta que pasa por las aberturas entre las barras.

Estas quebradoras no suelen ser grandes, se usan para producir material chico y arena. Su costo de mantenimiento es alto.

MOLINOS DE RODILLOS.- A pesar del nombre no se consideran como molinos sino como quebradoras en ellas el material es quebrado por la presión que reciben al pasar entre dos rodillos que giran en sentido contrario. El tamaño del producto se regula con la abertura entre los rodillos. Como elemento de seguridad uno de los rodillos puede separarse, bajo presiones excesivas. La relación entre el tamaño que pueden recibir y el que proporcionan es pequeña, se aumenta un poco con estrias en uno o los dos tambores, para aumentarla más existen, molinos de dos pasos que se logran con tres rodillos. Lajea el material y queda con aristas vivas.

QUEBRADORAS ROTARIAS.- Su cuerpo tiene la forma cónica con la parte más angosta hacia arriba que es por donde entra el material, el moledor (cono) también de forma cónica se separa más de las paredes en su parte superior que en la inferior, esta articulada en su parte superior por una rodilla, alrededor de la cual entra el material, al cono se le hace oscilar en su parte inferior y girar como si rodara sobre las paredes y con estos movimientos quiebra la piedra que sale por la parte inferior, va poco a poco siendo reemplazada por las siguientes que tienen algunas ventajas.

QUEBRADORAS DE CONO Y DE ESFERA.- Ambas son muy semejantes a la anterior, en la de cono el cono es más tendido y en la de esfera es casi un sector esférico, no tienen la rodilla superior por lo que la entrada de material es más libre, el movimiento les es dado mediante mecanismos excéntricos que accionan la flecha que los prolonga hacia abajo. Tienen, un elemento de seguridad del que carecen las anteriormente descritas, mediante él la parte superior se levanta bajo presiones grandes como las producidas por la cabeza de un mazo o los dientes desprendidos del cargador o la pala. El tamaño del producto se logra elevando o bajando la parte superior de la quebradora. Dan un material no lajeado y con filos redon-

deados que lo hace un buen agregado para concreto. Su valor inicial es muy alto, pero su costo de mantenimiento es muy bajo, lo que las hace económicas. Son empleadas como secundarias y terciarias.

MOLINOS

Para obtener como producto materiales muy finos:

MOLINOS DE BARRAS O DE BOLAS.- Son tambores horizontales giratorios dentro de los cuales es hecho rodar el material mezclado con barras o bolas de acero que lo van moliendo. En algunos el material entra por ambos extremos y sale por agujeros al centro, en otras entra por un extremo y sale por el opuesto, en estos casos tienen una ligera inclinación, en este caso también pueden tener una división intermedia que dados pasos de molienda que los hace más eficientes, cada paso tiene diferente tamaño de bolas y la mampara divisoria hace el papel de criba no permitiendo el paso de las bolas grandes al paso siguiente. Son utilizados en la molienda final del cemento y de las puzolonas.

MOLINOS DE DISCOS.- Son la versión industrial moderna de los antiguos molinos de piedra utilizados para moler el trigo. El material es molido entre dos discos el superior fijo, al centro del cual entra el material, el inferior giratorio, la separación entre ellos va disminuyendo hacia la periferia. El material que cae al centro del disco es forzado por la fuerza centrífuga hacia la periferia y molido en el trayecto saliendo al final de los discos. Ambos discos tienen estrias para hacerlas más eficientes. Son muy usados en la molienda de arcillas y materiales similares.



CRIBAS

Son las máquinas que separan las gravas y arenas según sus tamaños. Los elementos que efectúan esta separación puede ser una lámina perforada con perforaciones redondas o cuadradas o una malla que es un entramado de alambre de acero que dejan entre ellas aberturas cuadradas o rectangulares. Se colocan en marcos y los marcos uno o varios colocados en un plano forman un piso.

CRIBAS GIRATORIAS O DE TAMBOR.- Son tambores con paredes de lámina perforada que giran en posición casi horizontal. Son alimentadas por la parte superior y debido a la inclinación el material viaja lentamente hacia la parte inferior cuando se quiere obtener más de dos fracciones diferentes de tamaños la primera sección, llevará perforaciones chicas y estas aumentarán por secciones pudiendo tener varias, el material más grande saldrá por la boca.

Son muy eficientes pero ocupan mucho espacio, por lo que van siendo substituídas por las vibratorias. Son muy útiles cuando se criban materiales a muy alta temperatura.

CRIBAS VIBRATORIAS.- Las hay horizontales o con pendiente, de uno, dos y tres pisos, raramente más, cada piso con aberturas menores que el superior. A base de vibraciones el material es obligado a viajar a lo largo de los pisos, sin que los granos se atoren en las aberturas, pasando a través de ellas aquellos que su tamaño se los permite. El que pasa to dos los pisos, el más fino cae por debajo, el retenido por cada piso es colectado en el extremo de él. En las inclinadas la pendiente de los pisos ayuda al tránsito de los granos los pisos van sobre un primer cuerpo en el cual esta montada una flecha giratoria que lleva los exéntricos (uno o varios) esta flecha se prolonga al exterior y sirve de apoyo al primer cuerpo, sobre chumaceras fijas a un segundo cuerpo (marco de apoyo), salvo en cribas muy chicas las flechas se prolongan más allá del segundo cuerpo y en ellas van unos volantes (mazas en forma de rueda de carro) también excéntricos,

para contrarrestar la vibración sobre el segundo cuerpo y que por su inercia ayudan a la criba cuando recibe sobre cargas. El segundo cuerpo, se apoya en la cimentación o se cuelga de estructuras metálicas mediante resortes para disminuir todo lo posible las vibraciones transmitidas a las estructuras de soporte. A pesar de todas estas precauciones, los esfuerzos horizontales y verticales que les transmiten son fuertes, especialmente en el arranque de la máquina cargada con material o cuando se para por atascamiento. Hay que vigilar tanto los cuerpos de las cribas como las estructuras de soporte, porque la vibración puede producir la fatiga y fallar súbitamente.

Las horizontales son muy semejantes a las anteriores pero en ellas los pisos son horizontales y la vibración es producida por una pareja de excéntricos sincronizados que giran en sentido contrario uno del otro, esta disposición hace que la vibración sea mínima en el plano que une sus ejes y máxima en un plano normal al anterior, ambos planos están inclinados con respecto al plano de los pisos, de manera que la vibración obliga al material a transitar sobre los pisos, el primer cuerpo esta soportado por el segundo mediante haces de muelles (como los de los camiones) que van fijos al 2° y que van inclinados para que la vibración propicie el avance del material. No llevan volantes. Por su forma horizontal ocupan menos altura que las anteriores, lo que en instalaciones que necesitan de grandes cribas y gran número de ellas al acortar la altura total además de requerir menos altura de estructuras se acortan las longitudes de las bandas y por lo tanto de los espacios horizontales también (recordemos que las pendientes de las bandas son fijas). Son indispensables en las plantas móviles en que la altura está limitada por el galibo de las carreteras esto es por la altura libre bajo los puentes que las cruzan (4 m).

Para instalaciones muy rudimentarias se pueden utilizar rampas o canalones de mallas o láminas perforadas con pendientes fuertes (45° o mayores) para que los granos no se atoren en las aberturas, sobre las cuales se hace correr el material, el tamaño máximo que pasará las mallas será de 50 a 80% de la abertura dependiendo de la pendiente.

LAVADO

EN CRIBAS.- Creando una lluvia abundante sobre el piso superior de la criba, mediante tubos perforados, se puede lavar el material, pero se requiere gran cantidad de agua, y solo en contados casos podremos disponer de tales cantidades, pues el agua cada día escasea más para los usos indispensables.

GUSANOS LAVADORES.- Consta de un recipiente en forma de tolva que se prolonga por un canal metálico inclinado, ambos son atravesados por un gusano giratorio inclinado igual que el canalón. El material cae en el recipiente que está lleno de agua y es removido por el gusano que lo hace avanzar a lo largo del canalón saliendo por su parte superior, el agua es proporcionada a medio camino del gusano, corre hacia el recipiente y sale por un derramadero. Al ser removido el material permite que el agua arrastre la arcilla y materias orgánicas y al emerger del agua arrastrado por el gusano permite al agua escurrir por el canalón hacia el depósito, para consumir el mínimo de agua posible. El agua junto con la arcilla y materia orgánica arrastra cierta cantidad de finos, cosa que en muchos casos es benéfica para las arenas. Por lo general únicamente se lavan las arenas, ya que las gravas aunque en su origen pueden tener pegado en su superficie costras de material contaminante, con las operaciones efectuadas durante el proceso se les van desprendiendo y quedan en las arenas.

Aunque en los gusanos lavadores el consumo de agua es menos que en el lavado en cribas, todavía es fuerte por lo que el lavado de materiales está prohibido en sitios como el Valle de México, en que no se puede desperdiciar el agua.

Un sistema rudimentario se logra creando en la rivera de un río o un arroyo una cascada formada de escalones, la arena va siendo traída a mano de un escalón a otro, obteniéndose lavada en el superior.

ELIMINADORES DE POLVO

En las plantas de proceso, sobre todo en aquellas instaladas dentro o en las cercanías de una población, cada vez va siendo mayor la necesidad de evitar la emisión de polvos al ambiente y la gran mayoría de los elementos antes descritos los producen. Para evitar esto, se recurre a crear dentro de la máquina (que debe cerrarse lo más posible a base de cubiertas) una menor presión interna de manera que por aquellos huecos por los que podría salir polvo entre una corriente de aire que evite que salga. Las cabezas y colas de las bandas se cierran con cajas y cortinas en las salidas y entradas de las bandas. Para las máquinas en que esto no es posible hay que colocarlas en cuartos cerrados y los obreros que trabajen dentro llevarán las protecciones adecuadas (mas carillas, anteojos, etc.) Esta caída de presión dentro de las máquinas se logra succionando mediante un extractor de aire conectado a ellos mediante ductos. Pero el aire succionado tiene que salir a la atmósfera, previamente hay que limpiarlo de polvo a niveles aceptables. Mencionaremos algunos de los elementos utilizados para esto.

CÁMARAS DE ASENTAMIENTO.- Por la disminución de la velocidad del aire el polvo se precipita.

CÁMARAS LAVADORAS.- Se hace pasar el aire por una cortina o lluvia menuda de agua que arrastra el polvo.

FILTROS DE LONA.- El aire pasa a través de las paredes de tubos de lona, dejando el polvo en ellos.

FILTROS DE GRAVA.- El aire pasa a través de capas de grava húmeda en donde se retiene el polvo.

FILTROS ELESTROSTÁTICOS.- Mediante placas se crea un campo eléctrico que ironiza el polvo, que es atraído por una de las placas.

CICLÓN.- Consta de un cuerpo cilíndrico vertical al que se conecta horizontalmente el tubo de entrada de los gases. El cuerpo se prolonga hacia abajo por un cono que hace el papel de transición hasta el tubo de salida de polvo. La parte superior está tapada y perforada por un tubo vertical por donde salen los gases que se prolonga al interior aproximadamente una cantidad igual a la altura del cilindro.

Los gases con polvo entran por el tubo horizontal y forman dentro del cuerpo un ciclón o remolino que por la fuerza centrífuga hace que los sólidos se pequen a las paredes y resbalando por el cono salgan por el tubo inferior. Los gases salen al exterior por el tubo superior.

Son muy usados en las difernetes industrias. Tienen limitaciones de tamaño que cuando la cantidad de gas a despolver es grande se resuelve por medio de bancos de varios ciclones.

PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE GRAVAS Y ARENAS.

Las gravas y arenas se obtienen a partir de la piedra que proviene de las canteras, o de la grava-arena de los depósitos naturales (fluviales generalmente) o de origen volcánico como las andesitas (gravas y arenas usadas en la Ciudad de México).

Cuando el material es una mezcla de piedra, grava y arena o de grava y arena le llamamos "graña".

Entre la gente de este medio se considera piedra los tamaños superiores a 3", grava entre 3 a 1/4" (malla No. 4) a los inferiores arena.

Como normalmente todo o mucho del material que procede de las fuentes es de tamaños superiores a los que nosotros podemos aprovechar, no tiene la granulometría que en el uso se necesita o están sucios, se someten a procesos para lograr un material utilizable.

Estos constan de los siguientes pasos:

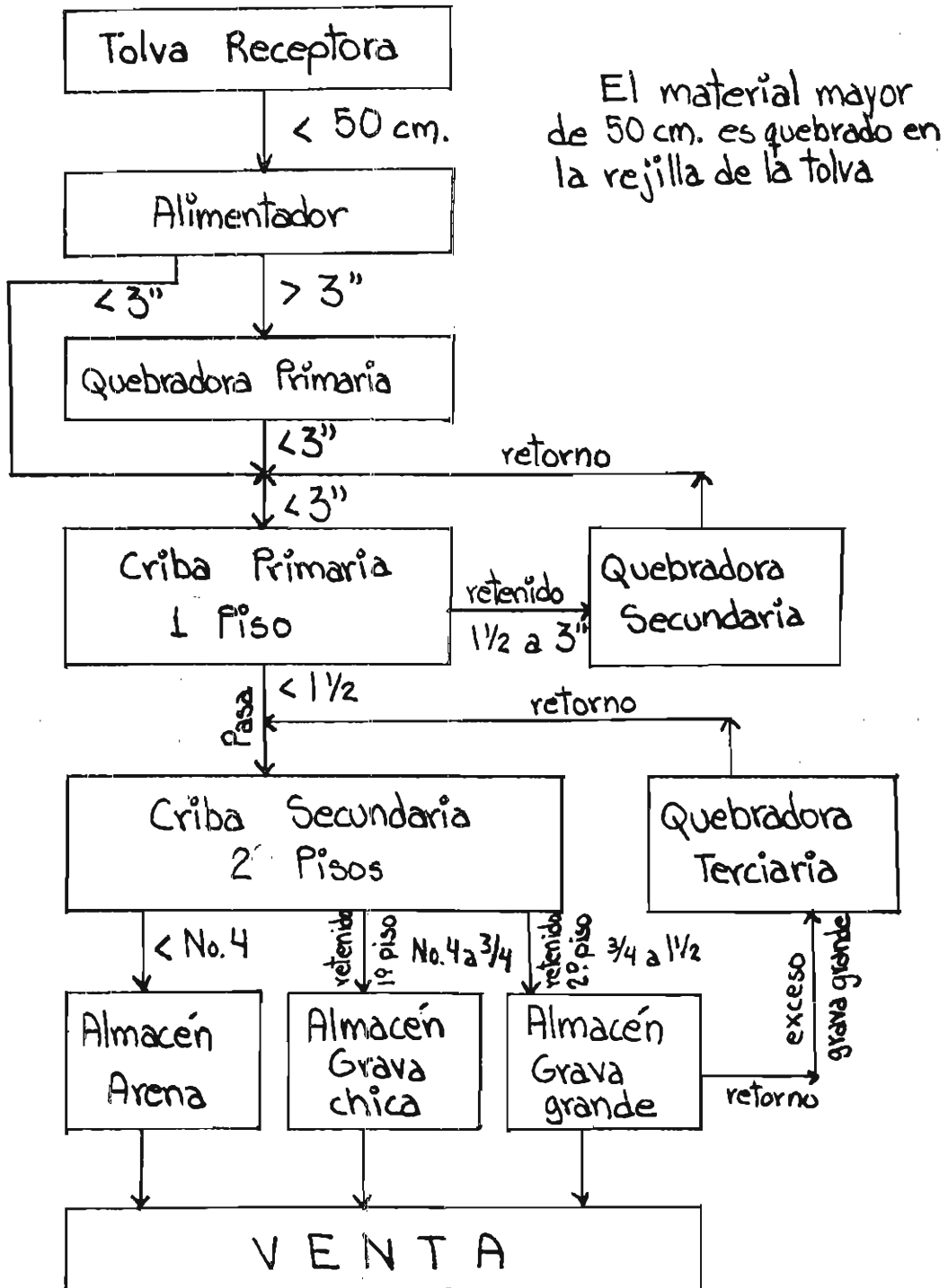
Quebrado--Cribado o calsificación - lavado.

El diagrama de flujo de una planta tipo (ver figura)

Desde luego este diagrama puede tener muchas variantes, ya sea por el material con que lo alimentamos, por el que se planea obtener, por la capacidad de la planta o por el equipo empleado.

TOLVA RECEPTORA..- Generalmente se aprovecha una pendiente o se hace una rampa para que los camiones vacíen el material en ella, cuando existe el peligro de que estos traigan piedras muy grandes, que pueden atascarse en la entrada de la quebradora primaria, se protegen en su parte superior con una rejilla de vigueta, solera o riel que no les permitiera que entren a ella. Se fabrican de mampostería, concreto, lámina, metálica o madera.

Diagrama de Flujo Planta de Grava y Arena



Al fondo de ella va el alimentador. Cuando los materiales son relativamente chicos pueden fluir uniformemente por una compuerta regulable, la mayor parte de las veces no es esto el caso y se necesita el alimentador para proporcionar el material a la quebradora primaria en forma uniforme y que no quede sin material o tenga demasiado y la atasquen.

Muchas de ellas tienen su fondo o parte de él formado por barras separadas lo suficiente para que el material que no necesita ser quebrado pase directamente a la banda transportadora.

El alimentador vierte su carga en la boca de la quebradora primaria. Esto hace un primer quebrado del material mayor ya que normalmente con ellano se obtiene todo el material con el tamaño máximo deseado.

Las quebradoras más empleadas para este paso son las de Quijadas o Impacto. El material que pasa por debajo del alimentador y el quebrado caen en una banda transportadora (en adelante le llamaremos simplemente banda).

La banda de que tratamos vierte su carga en la criba primaria que es de un piso, el piso está formado por una malla metálica o lámina perforada con las aberturas del tamaño adecuado.

El material que no pasa la malla es transportado por una segunda banda que lo lleva a la quebradora secundaria y después de quebrado una tercera lo retorna a la primera banda para que vuelva a ser cribado. El material que pasa la malla es transportado por una cuarta banda que lo lleva a la criba de clasificación de dos pisos.

El piso superior con la malla o lámina perforada con la abertura mayor que el inferior.

El material que pasa las dos mallas es la arena que por banda es llevada a su correspondiente almacén, lo mismo pasa con el material retenido por el primer piso, grava chica y por el segundo, grava grande.

Los almacenes pueden ser tolvas elevadas debajo de las cuales pueden entrar camiones y mediante compuertas son cargadas por gravedad o pueden ser patios de donde mediante cargadores o bandas se cargan los camiones.

Como la grava gruesa a menudo tiene poco mercado, parte de ella es tomada del almacén o tolva por una banda y quebrada en una quebradora terciaria y retornada a la criba de clasificación.

LAS QUEBRADORAS SECUNDARIAS Y TERCIARIAS.- Son de muy diferentes tipos. Los de conos dan muy buenos resultados.

Cuando es necesario habrá que lavar el material.

EL LAVADO.- Los materiales que contaminan los materiales son arcillas y materia orgánica, mediante el lavado con agua, esta arrastra a ambos y también a las arenas más finas (que pasan la malla No. 100) y que con frecuencia son más de lo deseados y puede ser benéfico

El proceso que hemos descrito es solo un caso más o menos típico, pero las hay con muchas variantes, que pueden ser de instalaciones fijas, semi-fijas (fácilmente desmontables y transportables) o movibles.

Hasta ahora nos hemos referido al proceso para la obtención de gravas y arenas, pero existen procesos industriales que pueden ser muy diferentes como los empleados para fabricar cemento, cal, tabiques de barro cocido, etc.

S U E L O S

Los suelos son acumulaciones heterógeneas de granos minerales procedentes de la desintegración de las rocas que pueden incluir materiales orgánicos. Incluyen prácticamente todos los tipos de materiales inorgánicos y orgánicos, sementados o no. Solo excluyen la roca firme y dura.

Interesan al Ingeniero Civil por que tiene que trabajar con ellos ya porque los va a tomar como base de las cimentaciones de las estructuras o porque va a excavarlos (zanjas, canales, túneles, cortes en carreteras, etc.) o a utilizarlos como material para terraplenes bordos y rellenos y aun en algunas ocasiones como materia prima para algunas industrias. Le es necesario conocer su comportamiento en diferentes circunstancias para la cual es necesario conocer sus propiedades físicas

Existen muy diferentes clasificaciones de los suelos la más práctica para los usos generales de la ingeniería es el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos". Existen otras, pero van dirigidos a objetivos específicos.

Esta clasificación considera los suelos como formados por gravas, arenas, arcillas, limos y materias orgánicas (se consideran como limos los materiales que pasan la malla No. 200).

Registra: el tamaño y graduación de las partículas, su forma y los materiales orgánicos para los cuales no considera tamaño por ser deleznables o pudribles.

Estas características pueden ser detectadas por una simple inspección visual o pruebas sencillas de campo, como es el sentir o trabajar el material con la mano, pero no bastan y en muchos casos hay necesidad de hacer pruebas de laboratorio para lo cual se deberán tomar muestras en el lugar, que deberán siempre identificarse, registrandose el lugar o la obra de que se trate, y las coordenadas y profundidad de la muestra añadiéndose algunos datos visuales como si el suelo está seco o húmedo, cuarteaduras, etc.

MUESTREO.- Mencionaremos algunas formas de muestrear, distinguiendo las alteradas de las inalteradas.

POZOS A CIELO ABIERTO O TRINCHERAS.- Excavados a pico y pala

EL IVORY O POSTEADORA.- Especie de tirabuzón de lámina gruesa que se prolonga mediante tubos de diferente largo y que termina en un maneral, pueden abrirse perforaciones de unos 25 cms de diám. Se usa en suelos blandos.

LAS PERFORADORAS.- Wagon Drill, Quarry Master, de Percusión, Rotaria, algunas de ellas requieren dispositivo especial para obtener las muestras.

MUESTRAS INALTERADAS.- Para obtenerlas, en los pozos a cielo abierto o en la trinchera se labra un cubo y conforme se van descubriendo las caras se van barnizando con parafina o cubriendo con tiras de manta parafinada, por último se deguella por la base y se cubre en la misma forma. También se usa un tubo de paredes delgadas de 13 cms. de diámetro por 25 cms de largo con uno de sus extremos afilado que se unde en el terreno, alrededor del tubo se va retirando el terreno y por último se deguella, sus extremos se cubren con manta parafinada.

Estas muestras hay que empacarlas cuidadosamente para que no se maltraten durante el traslado.

PRUEBAS DE LABORATORIO.- Las pruebas que se les hacen a los suelos en el laboratorio son muchas y muy variadas y tienen por objeto el conocimiento del suelo y de su comportamiento. Son estudiados en un curso superior.

De ellos los que principalmente interesan al Ingeniero Civil son:

ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

EL EMPUJE SOBRE MUROS

LA CAPACIDAD DE COMPACTARSE Para la estabilidad de terraplenes y aumentar su capacidad de carga.

SU POROSIDAD.- Que va ligada al efecto de capilaridad que puede elevar el agua hasta 5 mts. y con la permeabilidad.

SU PERMEABILIDAD: Que nos indicará si el agua puede penetrarlo y la facilidad con que puede ser drenado.

SU DENSIDAD, CAPACIDAD DE CARGA Y DEFORMABILIDAD: Que nos permitirá conocer las cargas que puede soportar y los asentamientos que debemos esperar.

EL ABUNDAMIENTO.- Que nos indicará la relación entre los volumenes del suelo inalterado y el volumen que resulta del material después de excavado.

AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Para aumentar la capacidad de carga se puede lograr de varias maneras:

La primera en compactarlo: Cosa que también se suele lograr por varios procedimientos.

Drenado: Al perder agua la falta de esta suprime fuerzas internas que impedían que las partículas disminuyeran sus distancias Por presión y por vivo.- Pisones de mano. pisones neumáticos (bailarina) aplanadoras, patas de cabra, etc.

Introduciendo en ellas estacas que aprieten el terreno golpeándolos con una maza que se deja caer y rellenando con material (generalmente arenas y gravas) los huecos que esta maza va dejando.

En terrenos pantanosos, a base de hacer explotar dentro de ellos cargas explosivas que rompen la estructura del lodo y permiten que se compacte.

INYECCIONES DE LECHADAS CEMENTANTES.- Que penetran en los vacíos y aumentan la capacidad de carga.

EN TERRAPLENES Y BORDOS.- Ya sea mezclándoles cementantes, como cemento, cal, asfalto y algunas sales o dependiendo de su naturaleza mezclándolos con gravas, arenas, arcillas o fabricando una mezcla de ellas (grava, cementada) que son las que usán en las bases y sub-bases de calles y caminos.

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Para la estabilización de taludes es muy importante que estén bien drenados así como impedir que el agua llegue a ellos mediante la protección a base de zanjas cunetas y bajadas de agua protegidas.

Para la erosión ocasionada por la lluvia o el aire se pueden proteger de varias maneras. Mediante la vegetación, recubriendo con asfalto que no impide el crecimiento de la hierba que ayuda a estabilizarlos, mediante entortados de concreto o suelo cemento (mezcla de arcilla y cemento), mediante zampeados de piedra, mediante rejillas de concreto que permiten el crecimiento de la hierba. Cuando van a estar en contacto con una masa de agua como en los casos de las presas mediante el enrocamiento, sobre capas de grava-arena, hacen el papel de filtros y evitan que el agua arrastre los materiales de las arcillas.

MUROS DE RETENSIÓN.

El empuje de tierras sobre un muro de retención, aumenta mucho cuando el suelo se impregna de arena, para evitar esto, entre la tierra y el muro se colocan capas de piedra y grava y se dejan en el muro orificios de salida, en esta forma, tendremos un drenaje que evitará este exceso de empuje.

FIJACIÓN DE DUNAS

La acción del aire en ellas hace que los granos superficiales remonten la pendiente y caigan del otro lado lo que ocasiona que la duna avance en la dirección en que sopla el viento, invadiendo poblados, zonas de labor, caminos, carreteras, y vías férreas.

Para evitar esto, lo ideal es arbolearlas o por lo menos cubrir las de vegetación, pero el mismo fenómeno cubre las plantas o arbolitos recién plantados por lo que hay que estabilizarlas. Esto se puede lograr mediante estacados que tiene que irse elevando conforme la duna se va elevando. También se ha logrado estabi-

lizarlos cubriendo la pendiente que recibe el aire mediante nopales que pronto arraigan.

CORTES EN CARRETERAS Y CANALES

Una clasificación que es conveniente que conozcamos es la que se usa en las liquidaciones de los contratistas de carreteras y canales. En ella los materiales se clasifican por la dificultad que representa el excavarlos, en Clase I.- Fácil (se puede excavar a pala) Clase II.- Cierta Resistencia (excavación a pico y pala) Clase III.- Gran Resistencia (requiere explosivos) Cada suelo se clasifica según los porcentajes de cada una de las clases que entran en el por tres números consecutivos según el orden en que los mencionamos . Así una clasificación 0-0-100 indicará roca fija, esto es que está formado en su totalidad por material Clase III, una 100-0-0 será puro material Clase I, una 50-50-0 indicará que tiene cantidades iguales de material clase I y II y ausencia de roca.

C A L

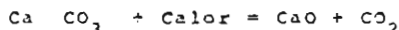
La cal es, junto con el yeso, uno de los aglomerantes más usados en la Industria de la construcción, con menos uso que los Cementos Portland.

La cal se obtiene por la calcinación de la piedra caliza que es un carbonato de calcio (CaCO_3) con mayor o menor número de impurezas, entre ellas la Arcilla y la Magnesita (Mg^3CO_3) que pueden darle características especiales.

Procesos Químicos

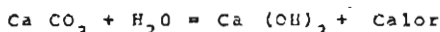
A continuación describiremos el proceso químico que se presenta durante la cocción, la hidratación y el endurecimiento cuando la caliza tiene menos del 5% de arcilla y menos del 3% de Magnesio.

El carbonato de calcio por la acción del calor a temperatura de 900°C se descompone dando óxido de calcio y bióxido de carbono o gas carbónico.



El bióxido de carbono va a la atmósfera y al óxido de calcio resultante se le conoce con el nombre de "Cal Viva". Es una piedra blanca con densidad de 3.2, que por ser muy ávida de agua la toma de la que la rodea, de la atmósfera o de la materia orgánica que se ponga en contacto con ella, es por esto que daña la piel, se dice que es muy cáustica.

Se combina con el agua dando el hidróxido de calcio y calor.



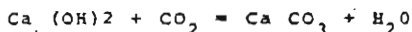
Al hidróxido de calcio se le conoce en la construcción con el nombre de "Cal Apagada" y a este proceso se le llama "Apagado" o "Hidratación" de la Cal, cuando se hace por inmersión de la Cal Viva en agua, el calor desprendido puede elevar la temperatura hasta 160°C haciendo hervir el agua.

El apagado se puede hacer por inmersión, por aspersión de agua sobre la cal viva o mediante el vapor de agua.

Cuando la Cal apagada tiene agua suficiente es una pasta blanca que permanece inalterada si no entra en contacto con el aire. Ya seca es un polvo blanco, ligeramente cáustico por su reacción alcalina y algo soluble en agua.

Cuando se mezcla con el agua forma una pasta muy consistente (TRAVADA) que sirve de aglomerante de los materiales pétreos.

El endurecimiento de la cal se efectúa por contacto con el aire del cual toma el bióxido de carbono.



Restituyéndose el Carbonato de Calcio y liberándose agua que se va evaporando. Este proceso es muy lento, empieza cuando se seca y termina 6 u 8 meses después. Cuando está húmeda, o no se endurece o lo hace muy lentamente, por lo que se dice que los morteros hechos con ella son "Morteros Aéreos".

Cuando la caliza tiene menos del 5% de Arcilla y menos del 3% de Magnesita y no tiene gran cantidad de otras impurezas la cal resultante se clasifica como "Cal Grasa". Forma una pasta trabada y untuosa buena para la construcción.

Si la cantidad de impurezas es grande la adulteran haciéndola poco trabada y untuosa y de fraguado más lento, se vuelve mala para la construcción y se clasifica como "Cal Magra".

Cuando el contenido de Magnesita es alto, ésta reacciona en forma semejante al Carbonato y se obtiene la "Cal de Magnesita" que también es mala para la construcción.

Cuando la caliza tiene o se le añade más del 5% de arcilla, hasta un 30%, las reacciones antes descritas no se efectúan sino parcialmente durante la cocción, se efectúan otro tipo de reacciones en las que se forman Silicatos y Aluminatos semejantes a los del cemento, obteniéndose la "Cal Hidráulica", la cual endurece a base de agua y tiene un endurecimiento más rápido, con lo cual se obtiene una resistencia mayor y mejor adherencia con los materiales pétreos y tiene menos contracción que la cal aérea.

Resumiendo para la construcción se cuenta con los siguientes tipos de cal: Cal Hidráulica, Cal Apagada y Cal Viva. La cal apagada y la cal viva después de apagada deben dar una Cal grasa. Los demás tipos de cal no son buenos para la construcción.

OBTENCIÓN DE LA CAL

Las etapas para la obtención de la cal son:

EXTRACCIÓN DE LA CALIZA

QUEBRADO

CALCINADO

APAGADO O HIDRATADO

MOLIENDA

ALMACENAJE

ENVASE

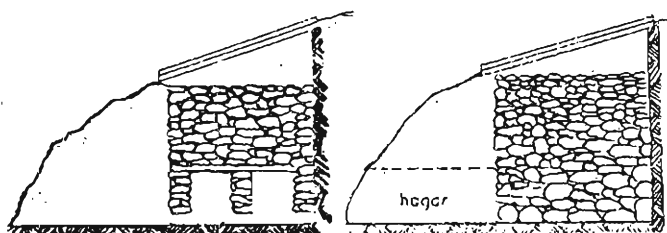
Extracción.- Se hace a base de explosivos en canteras a cielo abierto, procurando lograr un buen fraccionado de la roca para hacer menos costoso el quebrado.

Quebrado.- Se hace en quebradoras de Quijadas, Rotarias o de Impacto, dependiendo del costo que cada una de ellas implique; éste a su vez depende del tamaño de la piedra obtenida en el banco y del requerido por el horno en que se calcina.

Calcinado.- Son muy variados los tipos de horno utilizados, pudiendo calificarlos en dos tipos: De producción intermitente y de producción continua.

Producción Intermitente.- Los más rudimentarios se excavan en una ladera y queman leña (Fig. 1). En otro se forma una pila tronco-cónica con capas sucesivas de caliza y combustible (Fig. 2) y se recubre con una capa de lodo arcilloso mezclado con paja, dejando en la parte superior agujeros adecuados para la salida de los gases de combustión, en la parte inferior tienen una zanja para iniciar el fuego y la alimentación del aire para la combustión. Hay hornos de mampostería refractaria con el fogón en la parte inferior, (Fig. 3) dentro de ellos se apila la piedra caliza, queman diferentes tipos de combustible: leña, carbón, petróleo, etc. En los hornos antes descritos el calcinado se da por terminado cuando la piedra se asienta en un quinto de su altura.

Fig. 1



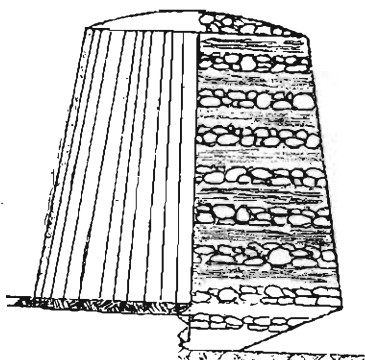


Fig. 2

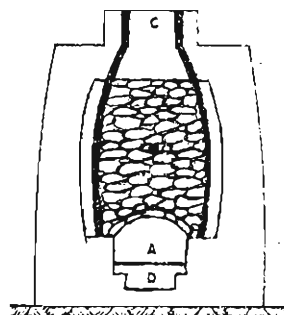


Fig. 3

Producción continua.- Hay una variedad muy grande de hornos y éstos queman todo tipo de combustible: vegetales, petróleo, gas, etc. por lo que resulta imposible una descripción generalizada. Uno de los que se usan con mayor eficiencia es el rotatorio del tipo usado en la fabricación del cemento (fig. 4) muchos de ellos de secados por esta industria por la necesidad de substituirlos por otros de mayor capacidad para bajar los costos de producción.

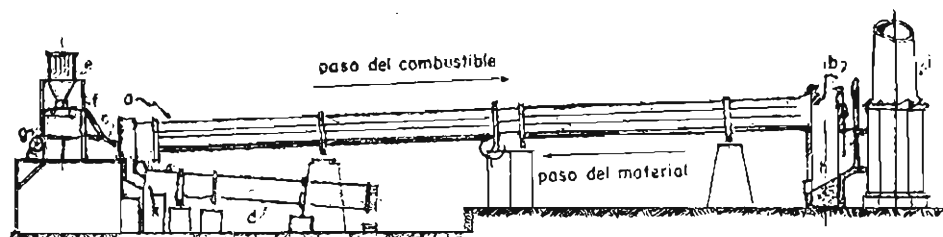


Fig. 4

Apagado o Hidratado.- No se recomienda permitir que la cal viva se hidrate absorbiendo la humedad de la atmósfera porque se puede carbonatar parcialmente. El Apagado puede hacerse manual o industrialmente.

Apagado Manual.- Este sistema se usa únicamente para fabricar morteros que se utilizan para pegar elementos de mampostería y para aplanados. Se hace en artesas de madera en las que se coloca la cal viva y agua suficiente. Se agita y desbarata la piedra con el azadón de albañil evitando que se formen grumos. La mezcla hierve con desprendimiento de vapor de agua, cuando esto deja de ocurrir se deja reposar por 24 horas para su total hidratación. Otras veces en vez de usar la artesa se hace una alberca con la arena con la cual se mezclará después de que la cal repose las 24 horas.

Apagado Industrial.- Para éstos es más común usar el término "Hidratación" y a los equipos en que se efectúa se les conoce como "Hidratadores". Son muy variados, pero en general la cal viva entra en ellos en granos pequeños de tamaño uniforme, el agua se proporciona por aspersión y la mezcla se bate constantemente para evitar la formación de grumos. La cal que se va apagando no forma pasta sino granos pequeños y polvo. El vapor de agua se pasa por separadores del polvo para recuperar el polvo que arrastra. Existen Hidratadores de producción continua o intermitente. En algunos procesos la hidratación se hace mediante el vapor de agua como en la fabricación de ladrillos de cal arena.

Hidratación de la Cal Hidráulica.- Se hace en Hidratadores que cuenta con controles para evitarse que la temperatura suba a más de 120°C pues de lo contrario se presentan reacciones en los Silicatos y Aluminatos que la dañarían.

De los Hidratadores la cal pasa a "Silos de Digestión" en los que reposa por lo menos 24 horas; en este tiempo se termina la hidratación del óxido de calcio.

Molienda.- Se hace en molinos de bolas o de martillos y de ellos pasa a separadores tipo ciclón de donde los granos gruesos retornan para ser nuevamente molidos y los finos pasan a los "Silos de Almacenaje".

Envasado.- Debajo de los Silos del almacenaje se encuentran los equipo de envasado. La Cal se envasa en sacos de papel en cantidades de 25 ó 40 kg.

USOS DE LA CAL

La cal tiene muchos usos agrícolas e industriales. Para las construcciones se usa: En pinturas de cal, pintando con cal los muros de adobe éstos adquieren mayor dureza.

Es un impermeabilizante de elementos de mampostería como las losas de concreto o la loseta, este efecto se vuelve más efectivo si se le añaden alumbre y jabón graso. Mezclada con los suelos les da mayor estabilidad. Se usa para la fabricación de piedras artificiales y de los ladrillos cal-arena. Su uso mayor es en la fabricación de morteros para pegar piezas de mampostería de piedra, ladrillo, etc. y para aplastados.

Para los morteros se mezcla con arena en proporciones que van de 1:25 a 1:5 (cal-arena en volumen). Si se hacen más ricos tienen contracción excesiva, si más pobres se desmoronan al secarse. La mezcla se prepara en cantidad suficiente para varios días de uso, basta mantenerla suficientemente húmeda para que no se eche a perder.

El mortero cal-arena por su muy lento endurecimiento está siendo desplazado por otros tipos con endurecimiento más rápido. El mortero "Bastardo" en el que se usan cantidades iguales de cal y cemento portland adquiere resistencia más rápidamente pero resulta caro.

Y E S O

El yeso es un material de construcción artificial (ya que requiere un proceso térmico) y aglomerante; ésto se debe a que con él se pueden pegar otros materiales como los ladrillos.

Clases de Yeso

El yeso se obtiene de la "Piedra de Yeso" o "Algez" que es un Sulfato de Calcio con dos moléculas de agua ($\text{Ca} \cdot \text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) que puede tener diferentes estructuras con más o menos impurezas que dan diferentes calidades de yeso.

Mencionaremos las principales clases de piedra de yeso y el yeso que producen:

Yeso Fibroso. - Cristaliza en forma de fibras sedosas, da un yeso de mucha calidad.

Yeso Espejuelo. - Cristaliza en cristales fácilmente exfoliables dando laminillas delgadas y brillantes, el yeso resultante es apropiado para estuco y modelado.

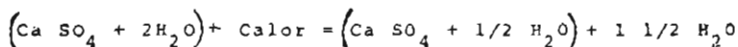
Yeso Flecha. - Sus cristales tienen forma de punta de flechas, da un yeso apropiado para vaciados finos.

Yeso Sacarino. - De estructura compacta de grano muy fino que semeja a las figuritas hechas con azúcar, recibe también el nombre de "ALABASTRO", se presta para la escultura aceptando un labrado fino y pulimiento. Es resistente a los ácidos.

Yeso calizo. - Contiene entre 10 y 15% de piedra caliza y es la piedra de la que se obtiene el yeso de menor calidad, que es el que se usa en la construcción y que da una buena dureza al fraguar.

Procesos térmico para la obtención del yeso

Con la aplicación de poco calor el sulfato de calcio pierde molécula y media de agua dando el "Sulfato de Calcio Semihidratado" que es propiamente el yeso de construcción y el agua que se le quita va a la atmósfera.



Con la aplicación de mayor cantidad de calor forma el "Sulfato de Calcio Anhidro" que rápidamente recupera la media molécula de agua.

Endurecimiento

Al mezclarse con el agua el yeso se disuelve en ella y al hacerlo recupera la molécula y media de agua, regenerándose el $(\text{Ca SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O})$ que por ser poco soluble en el agua forma cristales que se unen entre sí, al quedar libre el agua puede disolver más yeso con lo que el proceso continúa hasta que todo el yeso endurece. La resistencia y dureza del yeso endurecido depende de la cantidad de agua con que se mezcla, ya que la que no pasa a formar parte de la molécula queda dentro de la masa y al evaporarse deja poros.

Dependiendo de la temperatura usada en la producción se obtienen diferentes tipos de yeso.

Entre los 107 y 200 °C se obtiene el yeso de construcción de fraguado normal que se usa en la construcción o en "estucos" y los cuales son dañados por el agua o la humedad.

De 200 a 300°C se obtiene un yeso de fraguado muy lento y de gran dureza.

A temperaturas entre 800 y 1400 °C se obtiene un "yeso hidráulico" al cual el agua no daña. Tanto éstos como el anterior son caros y no se usan en la construcción en México, por lo que trataremos únicamente de los primeros.

Obtención del Yeso

Las etapas para la obtención del yeso son:

Extracción
Trituración y Molienda
Cocción
Enfriamiento
Almacenaje
Envasado

Extracción.- Se hace en canteras a cielo abierto. Debido a que la piedra de yeso es roca suave se hace por medio de explosivos lentos, pólvora o nitrato, o con arado.

Trituración y Molienda.- Para reducir la piedra a tamaños pequeños no se puede usar cualquier equipo porque es muy elástica, es común usar como quebradora primaria la de quijadas y como secundaria el molino de martillos.

Cocción.- Para la cocción se utiliza dos sistemas: el de "caldera" y el de "autoclave".

Sistema de caldera.- La piedra del yeso finamente molida se coloca en un recipiente metálico colocado sobre un hogar, tiene dentro unas aspas giratorias que evitan que se formen grumos y logran que toda la masa tenga una temperatura uniforme. Con el calor, el agua se desprende del yeso dando la apariencia de hervir, cuando esto cesa se suspende la aplicación del calor.

Sistema de autoclave.- El autoclave es un cilindro que puede cerrar herméticamente, en éste se inyecta vapor de agua a presión, dentro de él se introducen vargonetas que llevan charolas con piedra del yeso, al terminarse la inyección del vapor éste se arrastra mediante una corriente de aire caliente. Este procedimiento es muy usado para los yesos finos.

Enfriamiento, Almacenaje y Envasado.- De los hornos o autoclaves el polvo de yeso pasa a cámaras de enfriamiento y de allí a los "Silos de Almacenamiento" que lo protegen para que no absorba la humedad del aire. Se envasa en sacos de papel en cantidades de 25 ó 40 kg.

Características del yeso.- El fraguado del yeso se inicia a los 2 ó 3 minutos de estar en contacto con el agua y termina 15 a 20 minutos después. El fraguado se puede acelerar usando agua caliente o con la adición de sal común u. otras sales y se retarda con el cloruro de calcio o con la cola de carpintero.

Al iniciarse el fraguado el yeso sufre una ligera contracción seguida de un aumento de volumen de un 0.5%, lo que hace que cuando se usa en vaciados llene perfectamente el molde.

La resistencia y dureza del yeso endurecido depende de la cantidad de agua con que se mezcla (entre 40 y 70% de su peso) pues el agua que no se combina con él, al evaporarse deja poros que lo hacen más débil.

El agua y la humedad lo degradan por lo que no se usa para exteriores ni en tierra húmeda como nuestras costas.

Por el proceso de endurecimiento en que tienen que entrar en contacto los cristales formados, se explica que no admira que se le mezcle con arena.

El yeso no tiene mucha adherencia con los materiales pétreos por lo que no se usa en elementos que trabajen a tensión, por su rápido fraguado se usa para pegar piezas que rápidamente quedan adheridas evitando cimbras complicadas en la construcción de arcos, bóvedas y cúpulas.

El yeso tiene bajo coeficiente de transmisión de calor, por lo que es un buen aislante térmico por lo mismo resulta una buena protección contra incendio en muchos casos.

USOS DEL YESO

El yeso se usa como "Mortero Simple", sin la adición de arena, para aplanados y para pegar ladrillos que se desea queden rápidamente adheridos. Según el Profesor Antonio Miguel Saad en su "Tratado de Construcción", el "Mortero Bastardo" hecho con un volumen de yeso por uno de cal, es resistente a la humedad sin ser impermeable, tiene un fraguado más lento y una pintura impermeable le da una mayor protección contra el intemperismo. El "Mortero Compuesto" de yeso cal y arena, da superficies resistentes al intemperismo más duro que protegen eficientemente los parámetros exteriores.

El yeso se usa también para falsos plafones y muros de partición, embarrándolo sobre tela de metal desplegado, sostenida por estructuras sencillas de madera o metálicas. Para estos usos se fabrican placas de yeso prensado. "DURO ROCK" que se protegen por ambas caras con hojas de cartón y que resultan prácticas para cancelles y falsos plafones o cielo rasos, se terminan con pintura, algunas traen en una de sus caras una lámina generalmente de plástico que da el acabado final, cuando se usan para paredes de baño simulan azulejos.

También es usado el yeso en la fabricación de piedras artificiales y en el "Estuco" que puede llegar a ser una labor para interiores de mucha calidad.

ASFALTO

El asfalto, también llamado Bitumen, se obtiene del Petróleo (aceite de piedra).

El Petróleo es una aglomeración de Hidrocarburos que son sustancias orgánicas cuyas moléculas están constituidas por una cadena de carbonos (C) en las que las valencias libres están ocupadas por hidrógenos (H).

Algunas veces dos carbonos contiguos están unidos por dos o tres valencias, otras la cadena se cierra en forma anular.

Mientras más largas sea la cadena de carbonos de un hidrocarburo éste será menos volátil y más pesado; pocos llegan a tener densidad superior a uno, en general son más ligeros que el agua y flotan en ella.

Los de cadena más corta de uno a tres carbonos son difíciles de licuar, forman el "Gas Natural", los de cuatro y cinco carbonos son gaseosos a la presión atmosférica pero se licúan con presiones no muy altas y forman el "Gas Licuado". La gran mayoría de los hidrocarburos son líquidos en estas condiciones. Las cadenas más largas se presentan en estado sólido pero con un ligero aumento de temperatura se vuelven pastosos y a temperaturas mayores se licúan.

Se cree que el petróleo se forma a través de millones de años a partir de grandes depósitos de lodo rico en sustancias orgánicas (animales y vegetales) que se depositaron en aguas poco profundas. Se formó por reacciones químicas en un medio sin aire. El petróleo no permaneció en los lugares en que se formó sino que emigró junto con el agua salada a través de rocas porosas permeables. Cuando esto ocurre en una capa permeable limitada arriba y abajo por capas impermeables y se encuentran con un anticlinal o una falla (ver fig. 1), se forma una trampa que retiene el petróleo que debido a su menor densidad se acumula en la parte superior formando los "mantos petrolíferos".

MANTOS PETROLÍFEROS

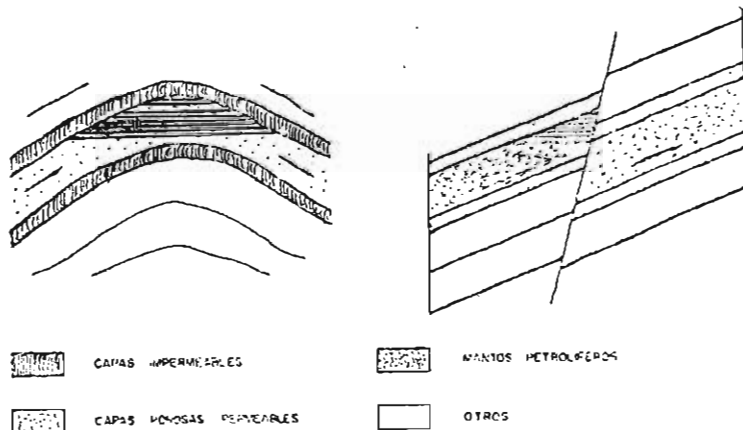


FIG. 1.

Los tipos de roca en que el petróleo emigró y las formaciones geológicas que forman estas trampas son el objeto buscado en los estudios geológicos y en donde se localizan se perforan pozos. No todos los pozos tienen éxito; de algunos sólo se obtiene agua salada, de otros se obtiene únicamente gas natural.

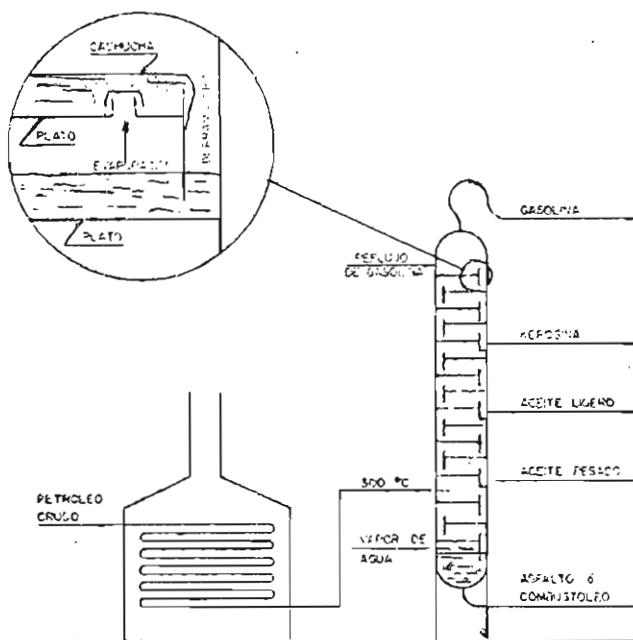
Al perderse la presión en la salida del pozo, el petróleo evapora los hidrocarburos que forman el gas natural; éste se recolecta por separado, el resto de los hidrocarburos reciben el nombre de "Petróleo Crudo".

Destilación del Petróleo

El petróleo crudo se separa en grupos de hidrocarburos en la torre de "Destilación".

Primaria" (Ver fig. 2) que tiene en su interior una serie de platos. El petróleo crudo previamente calentado en un horno especial a unos 300°C entra a la torre a una altura que deja por debajo una cuarta o quinta parte de los platos. Al entrar el petróleo la mayor parte de éste se evapora y viaja por los platos superiores en donde mediante trampas adecuadas se hace burbujear en la capa del líquido que contiene el plato, parte del gas se condensa aumentando el volumen del líquido que va cayendo por un derramadero sobre el plato inferior, después de cierto número de platos se saca al exterior, la parte de gases que no se condensa sale en forma gaseosa por la parte superior y posteriormente se licua por enfriamiento.

DESTILACIÓN PRIMARIA DEL PETRÓLEO



La parte del petróleo que al entrar a la torre no se licua, arrastra consigo algunos hidrocarburos ligeros que mediante el arrastre de una corriente de vapor de agua se inyecta en el fondo de la torre pasan a la zona superior. La parte líquida que no se evapora se recolecta en el fondo de la torre de donde sale al exterior.

En la parte superior se inyecta gasolina fría, (Reflejo) mediante ésta se crea un gradiente de temperatura a lo largo de la torre, quedando cada plato con una temperatura menor al inmediato inferior.

De esta manera los hidrocarburos que se condensan en cada plato son aquellos en los que el punto de licuefacción corresponde a la temperatura del plato.

De la torre de destilación se obtienen; por la parte superior la Gasolina que sale en forma de vapor y se licúa por un enfriamiento posterior; en el primer corte se obtiene la "Kerosina" conocida en el mercado como "Petróleo Diáfano" y se usa como combustible para estufas; del segundo corte se obtiene el aceite ligero, que conocemos con el nombre de "Diesel"; del tercer corte, los aceites pesados de los que posteriormente se obtienen la "Parafina" y los "Aceites Lubricantes" con los cuales también se fabrican las "Grasas"; del fondo se obtienen algunos tipos de petróleo, el "Combustóleo" que es el combustible que se usa en calderas y hornos industriales y de otros tipos de petróleo el "Asfalto"

Cada uno de estos productos en el orden mencionado es menos pesado y más volátil que el siguiente, la gasolina tiene una densidad de 0.7 y el asfalto casi llega a 1, la gasolina se evapora más rápido que la kerosina y ésta más que el diesel.

El asfalto que sale de la torre recibe un tratamiento posterior, en éste se le aplica calor y una corriente de aire caliente, esto hace que sus hidrocarburos cambien algunos hidrógenos (H) por oxígeno (O) por lo que recibe el nombre de "Asfalto Oxidado", se vuelve sólido a la temperatura ambiente y aumenta su resistencia a la penetración. Todavía caliente y líquido se envasa en cuñetes (cilindros) de cartón, al enfriarse se solidifica. Para usarse se rompe el cuñete y el asfalto se corta con hacha o machete o se licua con calor.

El asfalto oxidado para su uso en pavimentos sale al mercado con el nombre de "Cemento Asfáltico"

Características del "Cemento Asfáltico"

El asfalto es un sólido negro o café muy oscuro, con densidad prácticamente igual a la del agua.

Muy plástico y flexible; estas características aumentan con la temperatura disminuyendo su dureza, con temperaturas mayores primero se vuelve pastoso y luego se licúa.

Es muy adhesivo por lo que se usa como material de liga, es decir para pegar un material con otro, por ejemplo granos de arena y grava, cartón a superficies etc.

Impermeable por lo que se usa como impermeabilizante.

Resistente a los Agentes de Intemperismo y a los ácidos, álcalis y sales, pero el sol lo daña, ya que se oxida más de lo que ya estaba, pierde su flexibilidad y se rompe fácilmente.

Soluble en hidrocarburos ligeros.

Dureza.- Por éste término y en éste caso se entiende la resistencia a la penetración de un cono normalizada que pesa 100 g y se mide por el grado de penetración que tiene en 5 seg en el asfalto a 25°C de temperatura. La dureza se expresa por un número de 40 a 300 que indica lo que penetra el cono en décimas de mm.

El asfalto se usa en forma líquida para impregnación de suelos, como pegamento como impermeabilizante y mezclado con agregados pétreos forma el "Concreto Asfáltico" que se usa en las "Carpetas" de cables, Caminos y Pistas de Aeropuertos.

ASFALTO PARA CARPETAS

Las formas de Asfaltos que se usan para "Carpetas" o Pavimentos son:

El Cemento Asfáltico.- Tiene que mezclarse con los agregados en caliente para lo cual hay que calentar tanto el asfalto como los agregados. La mezcla se fabrica en plantas especiales. No se usan durezas con penetración menor de 70.

Los Asfaltos rebajados.- Son soluciones de Asfalto en otros Hidrocarburos; cuando el solvente es la gasolina se conoce como de fraguado Rápido, cuando es la Kerosina de Fraguado Medio y cuando es el Diesel de Fraguado Lento. Mientras más ligero es el solvente más rápido se evapora y más pronto endurece el asfalto. Se mezclan con los agregados en frío pero éstos deben de estar por lo menos superficialmente secos, de lo contrario no hay adherencia, esto crea problemas en tiempo de aguas, además de que los solventes son caros sobre todo la gasolina, la que los encarece.

Las Emulsiones Asfálticas.- Se fabrican moliendo finamente asfalto en agua, a la

que se añaden emulsores que crean fuerzas eléctricas en las partículas que evitan que se unan entre ellas. Dependiendo del tipo de emulsores usado obtienen las Aniónicas y las Catiónicas, las primeras crean en las partículas cargas eléctricas positivas y las segundas negativas, difieren en algunas propiedades unas de otras. Ambas se pueden mezclar con los agregados húmedos.

Cuando se deja reposar durante una temporada larga el asfalto se asienta pero basta agitarlo para que se recupere la dispersión.

Tanto los Asfaltos Rebajados como las Emulsiones Asfálticas se envasan en tambores metálicos de 200 l o se embarcan en camiones tanque o carros tanque de ferrocarril.

Las granulometrías de los agregados para los "Concretos Asfálticos" son diferentes a las usadas para los Concretos Hidráulicos" las arenas deben tener muy pocas partículas finas ya que aumentan los consumos necesarios de asfalto.

La mezcla ya colocada y compactada recibe el nombre de "Carpeta Asfáltica".

Fabricación de las Carpetas Asfálticas

Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en "Planta" o en "Sitio", se transportan en camiones de volteo y se tienden en capas de espesor adecuado mediante máquinas especializadas "Pavimentadoras" y se compactan y planchan con diferentes tipos de máquinas "compactadoras" y "Planchas". Cuando se usa el Cemento asfáltico además de hacer la mezcla en caliente tiene que ser transportada, colocada, compactada y planchada en caliente.

Las especificaciones dan las temperaturas mínimas a las que deben hacerse cada una de estas operaciones.

Para las mezclas en Sitio se tiende una capa delgada de agregados con ayuda de la motoconformadora y con camiones tanque especiales se riega el asfalto en forma rebajada o de emulsión que debe penetrar en toda la capa, se hacen capas sucesivas hasta completar el espesor de proyecto, después se compacta y se plancha.

En ambos casos antes de colocar o construir la carpeta se da un "Riego de Impregnación" que debe penetrar en la base y que sirve de unión entre ésta y la carpeta y al terminar la carpeta se da un "Riego de Sello" que le da una mejor impermeabilidad. Algunas veces se termina con una espolvoreada de cemento portland que le da mayor dureza.

Mientras más pesado es el tráfico del camino o pista mayor debe ser el espesor de la carpeta.

Mecánica del camino

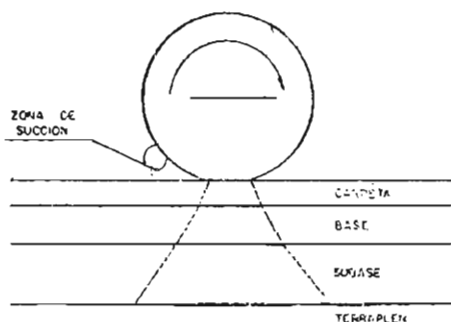
Considerando el corte de un camino de su superficie hacia abajo (ver fig. 3) encontramos primero la "Carpeta" de algunos centímetros de espesor debajo la "Base" de espesores que varían de 15 a 60 cm dependiendo de la intensidad de tránsito y luego la sub-base de 40 cm a más de un metro. Debajo encontramos el terreno natural si hubo corte o el terraplén si fue necesario rellenar.

La construcción del terraplén se hace con el material de los cortes cercanos colocándolo por capas que van siendo compactadas; cuando se trata de corte, al terreno natural también se le compacta con la maquinaria adecuada.

Para la "Sub-base" se usa una mezcla de grava arena y arcilla adecuadas ("grava compactada") que se busca en los bancos más cercanos, se coloca también por capas que se compactan.

La "Base" es también de grava, arena y arcilla pero sus proporciones y granulometría se controlan dentro de límites establecidos ("Grava controlada") esto se logra mezclando el material de dos o tres bancos en las proporciones necesarias.

MECÁNICA DEL CAMINO



También se coloca por capas que se compactan con mayor rigor.

De esta forma la sub-base tiene mayor capacidad de carga que el terraplén o terreno natural y la base mayor capacidad que la sub-base.

La llanta de un vehículo se aplana hasta formar una superficie de contacto con el piso, de tal manera que el producto obtenido de multiplicar la superficie por la presión de la llanta equilibra la carga sobre la rueda y la presión sobre el piso es igual a la de la llanta. La carpeta pasa esta carga a la base en una superficie ligeramente mayor con lo que la presión baja. La base a su vez pasa la carga a la sub-base en una superficie aún mayor y lo mismo la sub-base al terreno o terraplén con lo que las presiones que van disminuyendo no sobrepasan la capacidad de carga de las diferentes capas.

Cuando una rueda viaja en una base sin carpeta o en un camino de tierra va presionando a las capas inferiores ocasionando un movimiento entre las partículas que las va desgastando reduciéndolas a polvo. La parte de la llanta que al rodar se va despegando del piso crea una succión acrecentada por el dibujo de la llanta, esta succión saca del piso el polvo creando las nubes de polvo de los vehículos que viajan en estos caminos; éste mecanismo va destruyendo los caminos.

La carpeta, además de servir como superficie de desgaste, por su flexibilidad absorbe los impactos de la llanta disminuyendo mucho el movimiento de las partículas de la base y evita la extracción del polvo. El agua de lluvia al penetrar en la base baja la capacidad de carga de ella con lo cual se destruye, la carpeta evita este efecto al ser impermeable.

Además la carpeta tiene un mejor "agarre" con la llanta lo cual es útil para el arranque y el frenaje y evita las derrapadas.

En resumen la carpeta proporciona al Camino o Pista mayor Duración, Comodidad, Rapidez y Seguridad.

Reparaciones de la Carpeta

El sol daña el asfalto y por consiguiente a la carpeta. Con el tiempo pierde su elasticidad se vuelve frágil y empieza a cuartearse, las cuarteaduras van aumentando la carpeta se vuelve permeable y deja pasar el agua que penetra hasta la base, humedeciéndola, ésta pierde su capacidad de carga y se forma el "Bache" en él se acumula el agua con lo que el proceso se agudiza.

Con un buen mantenimiento la carpeta y el camino tendrá una mayor duración. Para esto tan pronto como empiezan a presentarse las cuarteaduras o antes si es posible, se da uno o más riegos de sello, terminándose con una capa de arena.

Existe también el proceso de "Reciclado" en el cual se levanta el material de la carpeta, se desmenuza, se mezcla con asfalto y algo de agregados y se vuelve a tender y planchar. Hay maquinaria viajera especializada, una sola unidad levanta la carpeta y efectúa todo el proceso hasta dejar el tendido de la carpeta, después vendrá el planchado.

Otros usos del Asfalto

El asfalto en las presentaciones antes descritas u otras tiene otros usos de los que mencionaremos algunos:

- Películas selladoras que sirven de base a algunas pinturas (PRIMER)
- Impermeabilizantes
- Preservativos para madera
- Películas de curado para el concreto
- Mastiques y Pastas selladoras
- Algunos tipos de pinturas
- Cartón asfáltico para techos baratos.

El techado Pemex o fieltro asfaltado que se construye sobre techos de madera u otros que se necesitan impermeabilizar y proteger y que se fabrica aplicando una primera capa de asfalto como una pintura y capas sucesivas de cartón y asfalto, se termina con una capa de arena sobre la última de asfalto que protege al conjunto de las acciones mecánicas y que si se escogen arenas de color agradable le proporcionan vista.

EXAMEN DE AUTOEVALUACION

MATERIALES PETREOS

1. ¿Cómo se llama a los movimientos de la corteza terrestre?
2. ¿Cómo se forman las rocas ígneas?
3. Mencione cuatro tipos de "Depósitos Naturales" y diga donde se forman?
4. ¿Cuáles son las causas responsables de las características de una roca?
5. ¿Cuál es básicamente la diferencia entre los 2 tipos de barrenación manual?
6. Mencione las principales características de los Explosivos Industriales?
7. ¿En qué presentaciones se surten los explosivos en el mercado?
8. ¿A qué llamamos artificios?
9. ¿Qué precauciones de seguridad hay que tener en cuanto a la localización y construcción de los polvorines?
10. ¿Con qué recursos contamos para lograr una buena fragmentación de la roca?
11. Dé tres características de una buena roca para construcción.
12. ¿Cuándo es más indicado el uso de cribas vibratorias horizontales?
13. ¿Cuál es la diferencia entre los elementos que dan el vibrado en las cribas inclinadas y los de las horizontales?
14. Haga el esquema de una planta para obtención de gravas y arenas. A partir de la greña, para obtener arena y dos tipos de grava No. 4 a 3/4 y 3/4 a 1-1/2.
15. ¿Cómo se constituyen los materiales que se usan en las bases y sub-bases de los caminos?
16. ¿Cuál es el proceso químico de endurecimiento de la Cal, cuando tiene menos del 5% de arcilla y menos del 3% de Magnesita?
17. ¿Cuándo se obtiene la "Cal Hidráulica"?
18. Mencione tres usos diferentes de la Cal en la construcción.
19. ¿Cuáles son los tipos de Hornos que se usan para la cocción del yeso?
20. ¿A qué llamamos "Estuco"?
21. ¿Qué es el Cemento Asfáltico?
22. ¿Cuándo es necesario darle mantenimiento a la "Carpeta Asfáltica"?
23. Mencione tres usos diferentes del Asfalto además del de las carpetas

Construcción I Tomo III La edición estuvo
Materiales petreos a cargo de la
Se terminó de imprimir Sección de Producción
en el mes de abril del año 2007 y Distribución Editoriales
en los talleres de la Sección
de Impresión y Reproducción de la Se imprimieron
Universidad Autónoma Metropolitana 60 ejemplares más sobrantes
Unidad Azcapotzalco para reposición.

2892798
Fernández Orozco, León
Construcción I / León Fer

